



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
Proyecto Final

**“PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE
UTILIZANDO BIOMASA COMO FUENTE
PRINCIPAL DE ENERGÍA”**

Autores: ZAPATA SOTO, Florencia
MEMBRIVE, Santiago Damián

San Rafael, Mendoza – Año 2023

PRODUCCIÓN DE HIDROGENO VERDE UTILIZANDO BIOMADA COMO FUENTE PRINCIPAL DE ENERGÍA

ZAPATA, Florencia
MEMBRIVE, Santiago

INGENIERO QUÍMICO

Trabajo aprobado por:

| | |
|--|----------------------------|
| <u>Silvana Martinez</u> Presidente Nombre y Firma | <u>24/02/2023</u> Fecha |
| <u>Carlos Llorente</u> Vocal Nombre y Firma | <u>24/02/2023</u> Fecha |
| _____ Vocal Nombre y Firma | <u>24/02/2023</u> Fecha |
| <u>Laura Najjar</u> Director Nombre y Firma | <u>24/02/2023</u> Fecha |

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA

San Rafael, 2023
(Lugar, Año)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE CIENCIAS APLICADAS A LA INDUSTRIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE UTILIZANDO
BIOMASA COMO FUENTE PRINCIPAL DE ENERGÍA”**

Autores: ZAPATA SOTO, Florencia - MEMBRIVE, Santiago Damián.

Docente Director: Ing. NAJAR, Laura.

Docente Codirector: Ing. MARTÍNEZ, Silvana.

Integrantes Mesa Evaluadora:

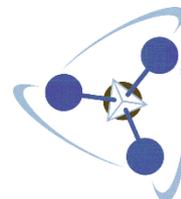
.....
Presidente: Nombre y Firma

.....
Vocal: Nombre y Firma

.....
Vocal: Nombre y Firma

Fecha de aprobación:

San Rafael, Mendoza – Año 2023



AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a nuestros padres, que son un eslabón fundamental en nuestras vidas, principalmente a la hora de conseguir nuestros objetivos. A nuestros hermanos, quienes siempre han estado a disposición nuestra para ayudarnos y acompañarnos en todo lo que hemos requerido. A nuestras familias en general, dado que sin su sacrificio y aporte esto no podría haber sido posible.

A todos aquellos compañeros y amigos que de alguna u otra manera han colaborado con el desarrollo de este proyecto y de nuestra carrera.

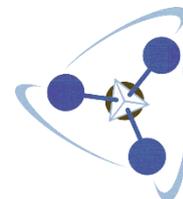
A aquellos profesores de la FCAI que han puesto parte de su tiempo a nuestra disposición, buscando orientarnos, corregirnos y aportar todos sus conocimientos para que podamos avanzar en nuestro proyecto de manera óptima, en especial a nuestra tutora Ing. Laura Najjar. Otro agradecimiento especial para la Ing. Silvana Martínez por su predisposición a colaborar en todo momento, al igual que para el Ing. Alejandro Gentile.

Para finalizar, queremos dar un agradecimiento al personal de la biblioteca de la FCAI, quienes siempre prestaron su colaboración y amabilidad cuando fue requerida en la gran cantidad de momentos que pasamos en el establecimiento desarrollando nuestro trabajo.



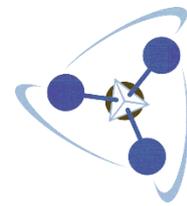
ÍNDICE

| | |
|--|-------|
| AGRADECIMIENTOS | III |
| ÍNDICE..... | IV |
| LISTA DE TABLAS | XVI |
| LISTA DE FIGURAS | XVIII |
| RESUMEN EJECUTIVO | XXI |
| ABSTRACT..... | XXIV |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. ESTUDIO DE MERCADO | 2 |
| 2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO | 2 |
| 2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL HIDRÓGENO Y SUS PROPIEDADES | 2 |
| 2.1.2. USOS Y APLICACIONES | 4 |
| 2.1.2.1. Relación de la aplicación del hidrógeno verde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible | 8 |
| 2.1.3. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO | 9 |
| 2.1.3.1. Proceso de electrólisis del agua | 12 |
| 2.2. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MERCADO | 12 |
| 2.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO | 13 |
| 2.4. MERCADO CONSUMIDOR | 13 |
| 2.4.1. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO..... | 13 |
| 2.4.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA..... | 15 |
| 2.4.2.1. Demanda global | 15 |
| 2.4.2.1.1. Proyección de la demanda global | 17 |
| 2.4.2.2. Demanda regional | 20 |
| 2.4.2.2.1. Proyecciones hacia 2030. | 24 |
| 2.4.2.3. Demanda nacional | 26 |
| 2.5. MERCADO PROVEEDOR..... | 26 |
| 2.5.1. RECURSOS ARGENTINOS | 27 |
| 2.6. MERCADO COMPETIDOR | 31 |
| 2.6.1. ESTIMACIONES FUTURAS | 33 |
| 2.7. MERCADO DISTRIBUIDOR | 34 |
| 2.7.1. ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO..... | 34 |
| 2.7.1.1. Tanques a presión | 34 |

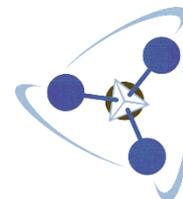


**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

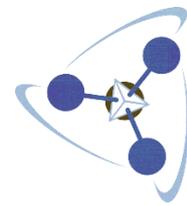
| | | |
|----------|--|----|
| 2.7.1.2. | Microesferas de vidrio | 35 |
| 2.7.1.3. | Hidrógeno líquido | 36 |
| 2.7.1.4. | Otros sistemas de almacenamiento líquido | 37 |
| 2.7.2. | TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO | 37 |
| 2.7.2.1. | Transporte de hidrógeno gas | 38 |
| 2.7.2.2. | Gasoductos | 38 |
| 2.7.2.3. | Transporte de hidrógeno líquido..... | 40 |
| 2.7.2.4. | Estaciones de servicio..... | 40 |
| 3. | SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA | 42 |
| 3.1. | PROCESO DE ELECTRÓLISIS..... | 42 |
| 3.1.1. | COMPONENTES GENERALES Y TIPO DE ELECTROLIZADORES..... | 43 |
| 3.1.1.1. | Electrolizadores alcalinos (AEC) | 46 |
| 3.1.1.2. | Electrolizadores de electrolito de membrana polimérica (PEM) | 47 |
| 3.1.1.3. | Electrolizador de estado sólido o de alta temperatura (SOEC) | 49 |
| 3.1.2. | SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR..... | 51 |
| 4. | TAMAÑO | 57 |
| 4.1. | INTRODUCCIÓN | 57 |
| 4.2. | FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO ... | 57 |
| 4.2.1. | RELACIÓN TAMAÑO – FINANCIAMIENTO | 57 |
| 4.2.2. | RELACIÓN TAMAÑO – PUNTO DE EQUILIBRIO..... | 58 |
| 4.2.3. | RELACIÓN TAMAÑO – CAPACIDAD DE INVERSIÓN | 58 |
| 4.2.4. | RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO | 59 |
| 4.2.5. | RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO PROVEEDOR..... | 59 |
| 4.2.6. | RELACIÓN TAMAÑO – RECURSOS HUMANOS | 60 |
| 4.2.7. | RELACIÓN TAMAÑO – TECNOLOGÍA | 60 |
| 4.2.8. | RELACIÓN TAMAÑO – MEDIO AMBIENTE..... | 60 |
| 4.3. | RESULTADO DEL ANÁLISIS | 61 |
| 4.4. | PROGRAMA DE PRODUCCIÓN..... | 61 |
| 4.5. | CONCLUSIÓN..... | 63 |
| 5. | LOCALIZACIÓN..... | 64 |
| 5.1. | INTRODUCCIÓN | 64 |



| | | |
|------------|---|----|
| 5.2. | HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN | 64 |
| 5.3. | MACROLOCALIZACIÓN | 65 |
| 5.3.1. | FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MACROLOCALIZACIÓN . | 66 |
| 5.3.2. | ANÁLISIS DE LOS FACTORES A PONDERAR | 68 |
| 5.3.2.1. | Medios y costos de transporte..... | 68 |
| 5.3.2.2. | Disponibilidad de mano de obra | 68 |
| 5.3.2.3. | Disponibilidad y costo de materia prima | 69 |
| 5.3.2.4. | Cercanía al mercado proveedor | 71 |
| 5.3.2.5. | Cercanía al mercado consumidor | 71 |
| 5.3.2.6. | Disponibilidad de terrenos..... | 71 |
| 5.3.2.7. | Disponibilidad de servicios | 72 |
| 5.3.3. | MATRIZ DE PONDERACIÓN | 72 |
| 5.3.3.1. | Factores a ponderar | 73 |
| 5.3.4. | CONCLUSIÓN..... | 74 |
| 5.4. | MICROLOCALIZACIÓN..... | 74 |
| 5.4.1. | FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MICROLOCALIZACIÓN .. | 75 |
| 5.4.1.1. | Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos | 75 |
| 5.4.1.2. | Disponibilidad de servicios | 76 |
| 5.4.1.3. | Disponibilidad de accesos de transporte | 76 |
| 5.4.1.4. | Costo y disponibilidad de terrenos | 76 |
| 5.4.1.5. | Costo de transporte..... | 76 |
| 5.4.1.6. | Descripción de las posibles microlocalizaciones | 77 |
| 5.4.1.6.1. | Parque Industrial de Viedma | 77 |
| 5.4.1.6.2. | Parque Industrial San Antonio Oeste | 80 |
| 5.4.1.6.3. | Parque Industrial de la Localidad de Conesa | 82 |
| 5.4.2. | MATRIZ DE PONDERACIÓN | 84 |
| 5.4.3. | CONCLUSIÓN..... | 85 |
| 6. | INGENIERÍA DE DETALLE..... | 86 |
| 6.1. | INTRODUCCIÓN | 86 |
| 6.2. | ALCANCE DEL PROYECTO | 86 |
| 6.3. | PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA..... | 87 |
| 6.3.1. | CICLO RANKINE | 88 |
| 6.3.1.1. | Mejoras del ciclo | 92 |

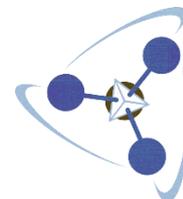


| | | |
|----------|---|-----|
| 6.3.2. | DISEÑO DEL CICLO RANKINE..... | 94 |
| 6.3.2.1. | Patio de biomasa | 100 |
| 6.3.3. | ENERGÍA EÓLICA REQUERIDA..... | 101 |
| 6.4. | PURIFICACIÓN DEL AGUA UTILIZADA | 102 |
| 6.4.1. | PRETRATAMIENTO..... | 103 |
| 6.4.1.1. | Filtración | 104 |
| 6.4.2. | ÓSMOSIS INVERSA | 105 |
| 6.4.3. | ELECTRODESIONIZACIÓN..... | 106 |
| 6.4.4. | DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS | 108 |
| 6.4.4.1. | Bomba de extracción de agua de mar..... | 108 |
| 6.4.4.2. | Pretratamiento y ósmosis inversa | 109 |
| 6.4.4.3. | Balance de masa general del sistema de Ósmosis inversa .. | 110 |
| 6.4.4.4. | Equipo de Electrodesionización | 111 |
| 6.4.4.5. | Exceso de agua tratada | 111 |
| 6.5. | PROCESO DE ELECTRÓLISIS..... | 113 |
| 6.6. | ALMACENAMIENTO DE LOS GASES PRODUCIDOS | 115 |
| 6.6.1. | HIDRÓGENO..... | 115 |
| 6.6.1.1. | Compresión..... | 115 |
| 6.6.1.2. | Almacenamiento | 116 |
| 6.6.2. | OXÍGENO..... | 117 |
| 6.6.2.1. | Compresión..... | 117 |
| 6.6.2.2. | Almacenamiento | 118 |
| 6.7. | BALANCES GLOBALES DEL PROCESO | 118 |
| 6.7.1. | BALANCE DE MASA | 118 |
| 6.8. | DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA | 119 |
| 6.8.1. | INTRODUCCIÓN..... | 119 |
| 6.8.2. | ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS..... | 119 |
| 6.8.3. | ÁREA DE PRODUCCIÓN..... | 120 |
| 6.8.4. | LABORATORIO..... | 120 |
| 6.8.4.1. | Consideraciones generales | 120 |
| 6.8.4.2. | Dimensiones | 121 |
| 6.8.5. | EDIFICIOS AUXILIARES..... | 122 |
| 6.8.5.1. | Estacionamiento..... | 122 |

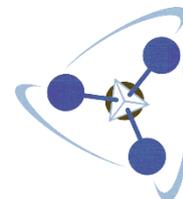


**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

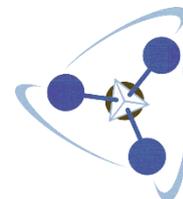
| | |
|---|-----|
| 6.8.5.2. Comedor | 122 |
| 6.8.5.3. Sanitarios y vestidores | 122 |
| 6.8.6. OFICINAS ADMINISTRATIVAS | 122 |
| 6.8.7. DISTRIBUCIÓN GENERAL | 123 |
| 7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES | 125 |
| 7.1. INTRODUCCIÓN | 125 |
| 7.2. PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN | 125 |
| 7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN | 126 |
| 7.3.1. RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES DE LA EMPRESA..... | 126 |
| 7.3.2. CONSTITUCIÓN LEGAL | 126 |
| 7.3.3. ORGANIGRAMA, DATOS SOCIALES, TRIBUTARIOS Y COMERCIALES..... | 126 |
| 7.4. ORGANIGRAMA..... | 126 |
| 7.4.1. FICHAS DE FUNCIÓN | 128 |
| 7.4.1.1. Gerencias..... | 129 |
| 7.4.1.1.1. Gerencia General..... | 129 |
| 7.4.1.1.2. Gerencia de Operaciones | 129 |
| 7.4.1.1.3. Gerencia de Economía y Finanzas | 130 |
| 7.4.1.1.4. Gerencia Comercial | 130 |
| 7.4.1.1.5. Gerencia de Logística | 131 |
| 7.4.1.2. Gerencia de Operaciones | 132 |
| 7.4.1.2.1. Jefe de mantenimiento..... | 132 |
| 7.4.1.2.2. Oficial instrumentista..... | 132 |
| 7.4.1.2.3. Oficial electricista | 133 |
| 7.4.1.2.4. Jefe de laboratorio | 133 |
| 7.4.1.2.5. Laboratorista | 134 |
| 7.4.1.2.6. Jefe de Operaciones..... | 134 |
| 7.4.1.2.7. Encargado Tratamiento de Agua | 135 |
| 7.4.1.2.8. Operario Sistemas de Tratamiento de Agua | 136 |
| 7.4.1.2.9. Encargado Producción de Energía..... | 136 |
| 7.4.1.2.10. Operador de caldera | 137 |
| 7.4.1.2.11. Encargado de Acondicionamiento de Biomasa | 137 |
| 7.4.1.2.12. Operador de Acondicionamiento de Biomasa | 138 |



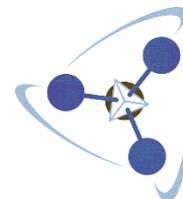
| | | |
|-------------|--|-----|
| 7.4.1.2.13. | Encargado de Electrólisis..... | 138 |
| 7.4.1.2.14. | Operador de electrolizador..... | 139 |
| 7.4.1.3. | Gerencia de Economía y Finanzas..... | 140 |
| 7.4.1.3.1. | Caja | 140 |
| 7.4.1.3.2. | Créditos y cobranzas | 140 |
| 7.4.1.3.3. | Contabilidad..... | 141 |
| 7.4.1.4. | Gerencia Comercial | 142 |
| 7.4.1.4.1. | Marketing | 142 |
| 7.4.1.4.2. | Ventas | 142 |
| 7.4.1.5. | Gerencia de Logística | 143 |
| 7.4.1.5.1. | Encargado de almacén | 143 |
| 7.4.1.5.2. | Asistente de almacén..... | 143 |
| 7.4.2. | TURNOS DE TRABAJO | 144 |
| 7.4.4. | CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA..... | 145 |
| 7.4.5. | DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA O MEDIANA EMPRESA | 148 |
| 8. | ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS | 149 |
| 8.1. | ASPECTOS LEGALES | 149 |
| 8.1.1. | INTRODUCCIÓN..... | 149 |
| 8.1.2. | MARCO LEGAL..... | 149 |
| 8.1.2.1. | Legislación nacional..... | 149 |
| 8.1.2.1.1. | Constitución Nacional | 149 |
| 8.1.2.1.2. | Ley 24 354/94- Decreto reglamentario 720/95: Sistema Nacional de Inversión Pública..... | 150 |
| 8.1.2.1.3. | Ley 25.675/02: Ley General de Ambiente | 150 |
| 8.1.2.1.4. | Ley 25.612/02: Gestión Integral de Residuos Industriales 150 | |
| 8.1.2.1.5. | Ley 25.688/02: Régimen de Gestión Ambiental de Aguas 151 | |
| 8.1.2.1.6. | Ley 20.284: Ley de Contaminación Atmosférica | 151 |
| 8.1.2.1.7. | Ley 24 051/91: Residuos Peligrosos | 151 |
| 8.1.2.1.8. | Decreto Reglamentario 831/93 | 151 |
| 8.1.2.1.9. | Decreto 674/89: Recursos Hídricos..... | 151 |



| | | |
|-------------|---|-----|
| 8.1.2.1.10. | Ley 19.857 Decreto 351: Ley de Higiene y Seguridad Laboral. | 151 |
| 8.1.2.1.11. | Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89 | 151 |
| 8.1.2.2.1. | Constitución provincial de rio negro | 152 |
| 8.1.2.2.2. | Ley N° 4618 Promoción Económica de la Provincia de Río Negro. | 153 |
| 8.1.2.2.3. | Marco legal vigente regional y local en materia de ordenamiento territorial y ambiental | 154 |
| 8.1.3. | CONTEXTO REGIONAL | 154 |
| 8.1.3.1. | Regionalización del territorio rionegrino | 154 |
| 8.1.4. | MARCO LEGAL VIGENTE REGIONAL EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL | 155 |
| 8.1.4.1. | Planes de ordenamiento territorial | 155 |
| 8.1.4.2. | Descripción sintética del modelo | 156 |
| 8.1.4.3. | Propuesta de los Lineamientos y Estrategias del Desarrollo Territorial y Local | 158 |
| 8.1.5. | ORDENANZAS MUNICIPALES | 159 |
| 8.1.5.1. | Ley Municipal N° 853/14 | 159 |
| 8.1.5.2. | Resolución Municipal 3148/21 -Ordenanza Municipal 236/21 | 159 |
| 8.1.5.3. | Ordenanza Municipal N°215/21 | 159 |
| 8.1.6. | MARCO IMPOSITIVO | 159 |
| 8.1.6.1. | Impuestos Nacionales | 160 |
| 8.1.6.1.1. | Impuestos a las Ganancias | 160 |
| 8.1.6.1.2. | Acuerdos de Doble Tributación | 161 |
| 8.1.6.1.3. | Impuesto al Valor Agregado (IVA) | 161 |
| 8.1.6.1.4. | Impuesto a los Bienes Personales | 161 |
| 8.1.6.1.5. | Impuestos Especiales | 161 |
| 8.1.6.1.6. | Impuestos sobre los Débitos y Créditos Bancarios y otras operatorias | 161 |
| 8.1.6.2. | Impuestos Provinciales | 162 |
| 8.1.6.2.1. | Impuestos sobre los ingresos brutos | 162 |
| 8.1.6.2.2. | Impuesto al sello | 162 |
| 8.1.6.2.3. | Impuestos a la transferencia de inmuebles | 162 |
| 8.1.6.3. | Impuestos Municipales | 163 |

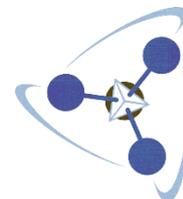


| | |
|--|-----|
| 8.1.6.3.1. Trámites e inscripciones impositivas | 163 |
| 8.2. ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD | 163 |
| 8.2.1. INTRODUCCIÓN | 163 |
| 8.2.2. NORMAS A CERTIFICAR | 164 |
| 8.2.2.1. Normas ISO | 164 |
| 8.2.2.1.1. ISO 9000 - Sistemas de Gestión de Calidad | 165 |
| 8.2.2.1.2. ISO 14000 - Sistemas de Gestión Medioambiental | 166 |
| 8.2.2.1.3. ISO 18000 - Seguridad y Calidad de Vida en el Trabajo | 167 |
| 8.2.2.1.4. ISO 26 000 - Responsabilidad Social Empresaria | 167 |
| 8.2.2.2. Normas IRAM | 168 |
| 9. ESTUDIO AMBIENTAL | 170 |
| 9.1. INTRODUCCIÓN | 170 |
| 9.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA | 170 |
| 9.3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO | 171 |
| 9.4. MARCO LEGAL | 172 |
| 9.5. ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL | 172 |
| 9.5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL | 172 |
| 9.5.1.1. Medio físico | 172 |
| 9.5.1.1.1. Características de la marea astronómica | 173 |
| 9.5.1.1.2. Clima de la región | 173 |
| 9.5.1.1.3. Temperaturas | 174 |
| 9.5.1.1.4. Precipitaciones | 174 |
| 9.5.1.1.5. Humedad | 175 |
| 9.5.1.1.6. Vientos | 175 |
| 9.5.1.1.7. Geología | 176 |
| 9.5.1.1.8. Geomorfología | 177 |
| 9.5.1.1.9. Características de los acantilados y playas | 177 |
| 9.5.1.1.10. Suelos | 177 |
| 9.5.1.1.11. Hidrología | 178 |
| 9.5.1.1.12. Hidrogeología | 180 |
| 9.5.1.2. Medio biótico | 181 |
| 9.5.1.2.1. Fauna | 181 |

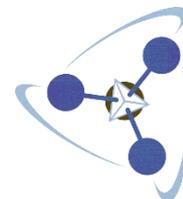


**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

| | | |
|------------|--|-----|
| 9.5.1.2.2. | Vegetación..... | 182 |
| 9.5.1.2.3. | Vegetación acuática..... | 183 |
| 9.5.1.2.4. | Zonas y áreas protegidas..... | 183 |
| 9.5.1.3. | Medio antrópico..... | 184 |
| 9.5.1.3.1. | Población..... | 184 |
| 9.5.1.3.2. | Actividades productivas..... | 184 |
| 9.5.1.3.3. | Sitios de interés cultural, histórico y/o arqueológico..... | 186 |
| 9.5.2. | IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES..... | 186 |
| 9.5.2.1. | Etapas de construcción de la planta..... | 187 |
| 9.5.2.2. | Etapas de producción y mantenimiento..... | 187 |
| 9.5.2.3. | Etapas de abandono y cierre..... | 188 |
| 9.5.3. | PARÁMETROS EVALUADOS..... | 188 |
| 9.5.4. | METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES..... | 189 |
| 9.5.4.1. | Matriz de identificación de impactos ambientales..... | 189 |
| 9.5.4.2. | Matriz de valoración de impactos ambientales..... | 190 |
| 9.5.4.2.1. | Etapas de construcción..... | 192 |
| 9.5.4.2.2. | Etapas de funcionamiento..... | 193 |
| 9.5.4.2.3. | Etapas de abandono..... | 194 |
| 9.5.5. | CONCLUSIÓN DE LA EIA..... | 195 |
| 9.6. | TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA..... | 195 |
| 9.6.1. | TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS..... | 195 |
| 9.6.2. | TRATAMIENTO DE EFLUENTES SÓLIDOS..... | 195 |
| 9.6.3. | TRATAMIENTO DE EFLUENTES GASEOSOS..... | 196 |
| 10. | HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL..... | 197 |
| 10.1. | GENERALIDADES..... | 197 |
| 10.2. | LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD..... | 197 |
| 10.2.1. | CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS..... | 197 |
| 10.2.2. | RUIDOS..... | 198 |
| 10.2.3. | VENTILACIÓN..... | 199 |
| 10.2.4. | ILUMINACIÓN..... | 199 |

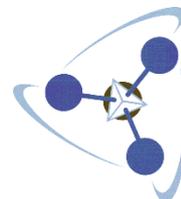


| | | |
|-----------|--|-----|
| 10.2.5. | ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL | 200 |
| 10.2.6. | ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL | 201 |
| 10.2.7. | INFORMACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA MANIPULACIÓN DE EQUIPOS | 202 |
| 10.2.8. | EQUIPOS EXTINTORES Y SEÑALIZACIÓN..... | 204 |
| 10.2.9. | SISTEMA DE ALARMAS | 207 |
| 10.3. | MANEJO DEL HIDRÓGENO | 207 |
| 10.3.1. | FICHA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD QUÍMICA | 207 |
| 10.3.2. | MEDIDAS CONTRA EL FUEGO..... | 209 |
| 10.3.3. | VENTAJAS DEL HIDRÓGENO..... | 210 |
| 10.3.4. | DESVENTAJAS DEL HIDRÓGENO | 210 |
| 10.3.5. | MANIPULACIÓN | 211 |
| 10.3.6. | ALMACENAMIENTO | 212 |
| 10.3.7. | RIESGOS DE ALMACENAMIENTO | 212 |
| 10.4. | CONCLUSIÓN..... | 213 |
| 11. | EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO..... | 215 |
| 11.1. | INTRODUCCIÓN..... | 215 |
| 11.2. | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 215 |
| 11.3. | ESTRUCTURA DE COSTOS | 216 |
| 11.3.1. | INVERSIÓN INICIAL..... | 216 |
| 11.3.1.1. | Terreno..... | 217 |
| 11.3.1.2. | Edificio e instalaciones | 218 |
| 11.3.1.3. | Maquinaria y equipos | 218 |
| 11.3.1.4. | Muebles y útiles..... | 219 |
| 11.3.1.5. | Costos diferidos..... | 220 |
| 11.3.1.6. | Inversión necesaria | 221 |
| 11.3.2. | CRONOGRAMA DE INVERSIONES | 221 |
| 11.3.3. | INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (ICT) | 223 |
| 11.3.3.1. | Selección de método | 223 |
| 11.3.3.2. | Cálculo de la inversión en capital de trabajo..... | 223 |
| 11.3.4. | COSTOS FIJOS | 224 |
| 11.3.4.1. | Costos por depreciaciones y amortizaciones..... | 224 |
| 11.3.4.2. | Costos fijos de mano de obra | 225 |



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

| | | |
|-----------|---|-----|
| 11.3.4.3. | Costos fijos de servicios y otros..... | 227 |
| 11.3.4.4. | Resumen de costos fijos..... | 227 |
| 11.3.5. | COSTOS VARIABLES | 229 |
| 11.3.5.1. | Costos variables por materias primas e insumos..... | 229 |
| 11.3.5.2. | Costos variables por mano de obra variable..... | 229 |
| 11.3.5.3. | Costos variables por servicios | 231 |
| 11.3.5.4. | Resumen de costos variables..... | 231 |
| 11.3.6. | COSTOS TOTALES | 232 |
| 11.4. | BENEFICIOS DEL PROYECTO | 233 |
| 11.4.1. | INGRESOS TOTALES | 234 |
| 11.4.2. | UTILIDAD ANUAL | 235 |
| 11.5. | FLUJO DE CAJA | 236 |
| 11.5.1. | VALOR ACTUAL NETO | 237 |
| 11.5.2. | TASA INTERNA DE RETORNO | 238 |
| 11.6. | CONCLUSIÓN | 238 |
| 12. | ANÁLISIS DE RIESGO | 239 |
| 12.1. | INTRODUCCIÓN | 239 |
| 12.2. | RIESGOS IDENTIFICADOS | 239 |
| 12.2.1. | ASPECTOS TECNOLÓGICOS | 239 |
| 12.2.1.1. | Baja de productividad..... | 239 |
| 12.2.1.2. | Falta de insumos y/o servicios..... | 240 |
| 12.2.1.3. | Falla de maquinaria..... | 240 |
| 12.2.2. | ASPECTOS ECONÓMICOS | 242 |
| 12.2.2.1. | Aumento del precio de las materias primas | 242 |
| 12.2.2.2. | Baja en el precio del producto | 242 |
| 12.2.3. | SINIESTROS E IMPREVISTOS | 243 |
| 12.2.3.1. | Incendios y explosiones..... | 243 |
| 12.2.3.2. | Accidentes de trabajo | 243 |
| 12.2.4. | RESUMEN | 244 |
| 12.3. | CONCLUSIÓN | 244 |
| 13. | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 246 |
| 13.1. | INTRODUCCIÓN | 246 |
| 13.2. | PARÁMETROS A SENSIBILIZAR | 246 |



| | |
|---|-----|
| 13.2.1. SENSIBILIZACIÓN FRENTE AL PRECIO DE VENTA DE LOS PRODUCTOS..... | 246 |
| 13.3. CONCLUSIÓN..... | 249 |
| 14. BIBLIOGRAFÍA | 250 |
| LIBROS Y ARTÍCULOS..... | 250 |
| PÁGINAS WEB | 251 |



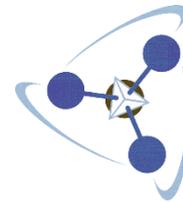
LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.1. Propiedades físicas del hidrógeno molecular..... | 2 |
| Tabla 2.2. Métodos de producción de hidrógeno. | 11 |
| Tabla 3.1. Ventajas y desventajas de electrolizadores PEM. | 49 |
| Tabla 3.2. Criterios de evaluación de las distintas tecnologías..... | 52 |
| Tabla 3.3. Tecnologías de electrolizadores PEM..... | 54 |
| Tabla 3.4. Datos técnicos del Silyzer 300..... | 56 |
| Tabla 4.1. Proyectos pilotos de producción de hidrógeno verde en Latinoamérica. | 61 |
| Tabla 4.2. Programa de producción propuesto. | 62 |
| Tabla 5.1. Costos de transporte para abril de 2022..... | 68 |
| Tabla 5.2. Matriz de ponderación de la macrolocalización. | 73 |
| Tabla 5.3. Matriz de ponderación de la macrolocalización. | 85 |
| Tabla 6.1. Variables de estado en los distintos puntos del ciclo. | 95 |
| Tabla 6.2. Valores de las variables termodinámicas del líquido y vapor saturado a 10 bares. ... | 96 |
| Tabla 6.3. Valores de las variables termodinámicas del líquido y vapor saturado a 0,08 bares. | 97 |
| Tabla 6.4. Variables de estado en los distintos puntos del ciclo. | 97 |
| Tabla 6.5. Especificaciones técnicas bomba de alimentación. | 109 |
| Tabla 6.6. Especificaciones técnicas del equipo de desalinización de Lenntech..... | 110 |
| Tabla 6.7. Volumen de agua sobrante de la planta de desalinización. | 112 |
| Tabla 6.8. Especificaciones técnicas tanque de almacenamiento de agua. | 113 |
| Tabla 6.9. Especificaciones técnicas más relevantes de este equipo..... | 116 |
| Tabla 6.10. Especificaciones técnicas del compresor de oxígeno. | 117 |
| Tabla 7.1. Ficha de función Gerente General. | 129 |
| Tabla 7.2. Ficha de función Gerente de Operaciones..... | 129 |
| Tabla 7.3. Ficha de función Gerente de Economía y Finanzas. | 130 |
| Tabla 7.4. Ficha de función Gerente Comercial..... | 130 |
| Tabla 7.5. Ficha de función Gerente de Logística..... | 131 |
| Tabla 7.6. Ficha de función Jefe de Mantenimiento..... | 132 |
| Tabla 7.7. Ficha de función Oficial Instrumentista. | 132 |
| Tabla 7.8. Ficha de función Oficial Electricista..... | 133 |
| Tabla 7.9. Ficha de función Jefe de Laboratorio. | 133 |
| Tabla 7.10. Ficha de función Laboratorista. | 134 |
| Tabla 7.11. Ficha de función Jefe de Operaciones..... | 134 |
| Tabla 7.12. Ficha de función Encargado de Tratamiento de Agua. | 135 |
| Tabla 7.13. Ficha de función Operador Sistemas de Tratamiento de Agua..... | 136 |
| Tabla 7.14. Ficha de función Encargado de Producción de Energía. | 136 |
| Tabla 7.15. Ficha de función Operador de caldera. | 137 |
| Tabla 7.16. Ficha de función Encargado Acondicionamiento de Biomasa. | 137 |
| Tabla 7.17. Ficha de función Operador Acondicionamiento de Biomasa..... | 138 |
| Tabla 7.18. Ficha de función Encargado de Electrólisis. | 138 |
| Tabla 7.19. Ficha de función Operador de Electrolizador. | 139 |
| Tabla 7.20. Ficha de función Caja. | 140 |
| Tabla 7.21. Ficha de función Créditos y Cobranzas. | 140 |
| Tabla 7.22. Ficha de función Contabilidad..... | 141 |
| Tabla 7.23. Ficha de función Marketing..... | 142 |
| Tabla 7.24. Ficha de función Ventas..... | 142 |
| Tabla 7.25. Ficha de función Encargado de Almacén..... | 143 |



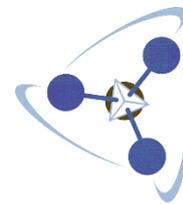
**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

| | |
|---|-----|
| Tabla 7.26. Ficha de función Asistente de Almacén. | 143 |
| Tabla 7.27. Distribución Personal de la organización. | 144 |
| Tabla 7.28. Diferencias entre una Sociedad Anónima y una Sociedad de Responsabilidad Limitada. | 146 |
| Tabla 7.29. Volumen de ingresos de las empresas según su tamaño. | 148 |
| Tabla 8.1. Normas IRAM aplicables al proyecto. | 168 |
| Tabla 9.1. Matriz de identificación de impactos ambientales. | 190 |
| Tabla 9.2. Escala de colores para visualizar la importancia de los impactos. | 191 |
| Tabla 9.3. Atributos de caracterización del impacto. | 191 |
| Tabla 9.4. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de construcción. | 192 |
| Tabla 9.5. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de funcionamiento. | 193 |
| Tabla 9.6. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de abandono. | 194 |
| Tabla 10.1. Niveles de iluminación exigidos por ley. | 199 |
| Tabla 10.2. Propiedades del hidrógeno y seguridad en su empleo. | 211 |
| Tabla 10.3. HAZOP realizado a un depósito de H ₂ | 213 |
| Tabla 11.1. Inversión inicial en terreno. | 217 |
| Tabla 11.2. Inversión inicial en edificios e instalaciones. | 218 |
| Tabla 11.3. Inversión inicial en maquinarias y equipos. | 219 |
| Tabla 11.4. Inversión en muebles y útiles. | 219 |
| Tabla 11.5. Inversión en cargos diferidos. | 220 |
| Tabla 11.6. Cronograma de inversiones. | 222 |
| Tabla 11.7. Depreciaciones y amortizaciones del proyecto. | 225 |
| Tabla 11.8. Costos fijos en mano de obra permanente. | 225 |
| Tabla 11.9. Costos fijos de servicios y otros. | 227 |
| Tabla 11.10. Costos variables de materias primas e insumos. | 229 |
| Tabla 11.11. Costos variables de mano de obra variable. | 229 |
| Tabla 11.12. Costos variables por servicios. | 231 |
| Tabla 11.13. Ingresos por ventas de los distintos productos en el horizonte de evaluación. | 234 |
| Tabla 11.14. Utilidades del proyecto antes de impuestos. | 235 |
| Tabla 11.15. Flujo de caja del proyecto. | 237 |
| Tabla 12.1. Necesidad de mantenimiento para algunos elementos de un electrolizador. | 241 |
| Tabla 12.2. Resumen del análisis de riesgos del proyecto. | 244 |
| Tabla 13.1. Sensibilidad del proyecto frente a la variación del precio de venta de los productos. | 247 |



LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Representación del hidrógeno en la tabla periódica de los elementos..... | 2 |
| Figura 2.2. Comparación de propiedades del hidrógeno con otros combustibles. | 3 |
| Figura 2.3. Principales aplicaciones del hidrógeno..... | 4 |
| Figura 2.4. Fuentes para la producción de hidrógeno y usos finales..... | 7 |
| Figura 2.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible..... | 8 |
| Figura 2.6. Anuncios comerciales bilaterales para el comercio mundial de hidrógeno firmados hasta marzo de 2022..... | 15 |
| Figura 2.7. Consumo de hidrógeno en el año 2020 (millones de toneladas por año)..... | 16 |
| Figura 2.8. Evolución de la demanda global de hidrógeno 1980-2018..... | 16 |
| Figura 2.9. Demanda global de hidrógeno por sector y materias primas de producción. | 17 |
| Figura 2.10. Demanda global de energía suministrada con hidrógeno (PWh). | 18 |
| Figura 2.11. Mapeo de proyectos anunciados a nivel global y su alcance. | 19 |
| Figura 2.12. Demanda de hidrógeno por aplicación en América Latina, año 2019. | 20 |
| Figura 2.13. Demanda de hidrógeno por país latinoamericano, año 2019. | 21 |
| Figura 2.14. Suministro regional de hidrógeno puro y mixto por tipo, América Latina, 2019..... | 22 |
| Figura 2.15. Índice regional de hidrógeno en Latinoamérica. | 23 |
| Figura 2.16. Costos estimados de producción de hidrógeno para 2050 (izquierda) y Estado legislativo del hidrógeno para 2021 (derecha)..... | 24 |
| Figura 2.17. Demanda de hidrógeno por aplicación en América Latina, 2019-2030. | 25 |
| Figura 2.18. Demanda de hidrógeno por país latinoamericano, 2019-2030..... | 25 |
| Figura 2.19. Principales productores de los materiales críticos de electrolizadores..... | 27 |
| Figura 2.20. Potencial por región de energías renovables en Argentina. | 28 |
| Figura 2.21. Producción potencial de hidrógeno verde por departamento de Argentina, expresado en toneladas anuales por kilómetro cuadrado. | 30 |
| Figura 2.22. Evolución estimada del precio de la producción de hidrógeno para los años 2018, 2030 y 2050, expresado en dólares por kilogramo de H ₂ | 31 |
| Figura 2.23. Países en los que el hidrógeno verde podría ser más barato que el hidrógeno azul, por año. | 32 |
| Figura 2.24. Cambios en el valor del comercio de materias primas energéticas, del 2020 a 2050. | 34 |
| Figura 2.25. Tanques de Hidrógeno a presión - Disposición de tanques a presión en autobús. | 35 |
| Figura 2.26. Vista de las microesferas de vidrio. | 36 |
| Figura 2.27. Tanque de almacenamiento de hidrógeno líquido..... | 36 |
| Figura 2.28. Transporte y distribución del hidrógeno en diferentes estados. | 38 |
| Figura 2.29. Mapa global de gasoductos de transmisión de gas natural..... | 39 |
| Figura 3.1. Esquema de funcionamiento y reacciones de diferentes tipos de electrolizadores..... | 43 |
| Figura 3.2. Componentes básicos de electrolizadores en diferentes niveles. | 45 |
| Figura 3.3. Esquema de electrolizador alcalino (AEC). | 46 |
| Figura 3.4. Esquema de electrolizador de electrolito de membrana polimérico (PEM). | 47 |
| Figura 3.5. Estructura química del Nafión®..... | 48 |
| Figura 3.6. Estructura del ensamble de un electrolizador PEM..... | 48 |
| Figura 3.7. Esquema de funcionamiento de un sistema de óxido sólido (SOEC)..... | 50 |
| Figura 3.8. Esquema de celda de electrolizador de óxido sólido prefabricada..... | 51 |
| Figura 3.9. Diagrama estadístico de la importancia de los criterios para el desarrollo de una planta de electrólisis..... | 52 |
| Figura 3.10. Características y diseño del Silyzer 300..... | 55 |



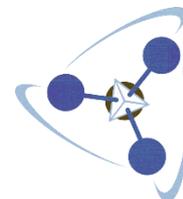
“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | |
|---|-----|
| Figura 3.11. Esquema de funcionamiento del Silyzer 300..... | 55 |
| Figura 4.1. Programa de producción propuesto. | 63 |
| Figura 5.1. Distribución de biomasa en el territorio argentino. | 69 |
| Figura 5.2. Velocidad del viento en el territorio argentino..... | 70 |
| Figura 5.3. Mapa de radiación solar en el territorio argentino, en Enero (izquierda) y en Junio (derecha)..... | 71 |
| Figura 5.4. Superficies cultivadas de frutas de pepitas en la provincia de Río Negro. | 76 |
| Figura 5.5. Consumo potencial de hidrógeno verde en las industrias de las regiones de Bahía Blanca y Cipolletti (en base a cálculos del consumo actual de hidrógeno gris)..... | 77 |
| Figura 5.6. Localización geográfica del Parque Industrial de Viedma. | 78 |
| Figura 5.7. Vista en detalle del Parque Industrial de Viedma. | 78 |
| Figura 5.8. Localización geográfica del Parque Industrial de San Antonio Oeste. | 80 |
| Figura 5.9. Vista en detalle del Parque Industrial de San Antonio Oeste. | 81 |
| Figura 5.10. Localización geográfica del Parque Industrial de la localidad de Conesa. | 83 |
| Figura 5.11. Vista en detalle del Parque Industrial de la localidad de Conesa. | 83 |
| Figura 6.1. Esquema de una planta de producción de hidrógeno. | 86 |
| Figura 6.2. Diagrama de flujo de la producción de hidrógeno por electrólisis. | 87 |
| Figura 6.3. Ciclo Rankine ideal simple. | 89 |
| Figura 6.4. Desviación del ciclo real del ciclo ideal..... | 91 |
| Figura 6.5. Ciclo de Rankine con calentador abierto para el agua de alimentación de caldera..... | 92 |
| Figura 6.6. Ciclo Rankine con caldera acuotubular AQL, fabricada por Fimaco..... | 94 |
| Figura 6.7. Ciclo Rankine con recalentamiento a diseñar. | 95 |
| Figura 6.8. Residuos agrícolas leñosos generados en Cataluña..... | 100 |
| Figura 6.9. Representación de un patio de biomasa de Fimaco..... | 101 |
| Figura 6.10. Ubicación del parque eólico IDUN I (km 0) y distancia en línea recta hasta la ubicación del parque industrial San Antonio Oeste..... | 102 |
| Figura 6.11. Esquema general planta de tratamiento de agua salobre. | 103 |
| Figura 6.12. Sistema de filtración. | 105 |
| Figura 6.13. Sistema de ósmosis inversa. | 106 |
| Figura 6.14. Representación del funcionamiento de un sistema EDI. | 107 |
| Figura 6.15. Equipo de EDI de Lenntech..... | 108 |
| Figura 6.16. Bomba de alimentación electrosumergible TEX-D2. | 109 |
| Figura 6.17. Esquema del sistema de desalinizado provisto por Lenntech. | 110 |
| Figura 6.18. Balance de masa del sistema de tratamiento de agua. | 111 |
| Figura 6.19. Selección del equipo de EDI. | 111 |
| Figura 6.20. Ejemplo de tanque de almacenamiento de agua de la empresa Synertech..... | 113 |
| Figura 6.21. Diseño de sistema típico y balance de planta para un electrolizador PEM. | 114 |
| Figura 6.22. Módulo compresor de hidrógeno de Hiperbaric..... | 115 |
| Figura 6.23. Tanque de almacenamiento de hidrógeno de Strength Equipments. | 116 |
| Figura 6.24. Compresor de oxígeno de Wenling Toplong Electrical&Mechanical Co..... | 117 |
| Figura 6.25. Balance de masa global del proceso..... | 118 |
| Figura 6.26. Lay out del área de producción. | 120 |
| Figura 6.27. Representación de las oficinas..... | 123 |
| Figura 6.28. Lay out general de la planta. | 124 |
| Figura 7.1. Organigrama de la empresa..... | 128 |
| Figura 8.1. Regiones de la Provincia de Río Negro..... | 155 |
| Figura 8.2. Ordenamiento territorial futuro del municipio de San Antonio. | 156 |
| Figura 8.3. Plano de zonificación urbano del municipio de San Antonio. | 158 |
| Figura 8.4. Ciclo PHVA..... | 165 |
| Figura 9.1. Precipitaciones medias mensuales para el período 1992 – 2008. | 175 |



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

| | |
|--|-----|
| Figura 9.2. Ríos cercanos a San Antonio Oeste..... | 179 |
| Figura 9.3. Vista aérea del canal de Pomona..... | 179 |
| Figura 9.4. Evolución geomorfológica de la bahía de San Antonio Oeste..... | 181 |
| Figura 9.5. ANP de la provincia de Río Negro..... | 184 |
| Figura 10.1. Elementos de protección personal para riesgos sonoros..... | 199 |
| Figura 10.2. Elementos de protección personal..... | 200 |
| Figura 10.3. Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas..... | 204 |
| Figura 10.4. Clases de extintores..... | 205 |
| Figura 10.5. Chapas balizas..... | 206 |
| Figura 10.6. Monitor fijo contra incendios..... | 207 |
| Figura 10.7. Diagrama ternario $H_2-O_2-N_2$ con las zonas de inflamabilidad..... | 212 |
| Figura 11.1. Distribución de costos fijos para el año 1..... | 228 |
| Figura 11.2. Distribución anual de costos fijos del proyecto..... | 228 |
| Figura 11.3. Distribución de costos variables del proyecto..... | 231 |
| Figura 11.4. Distribución de costos totales del proyecto..... | 232 |
| Figura 11.5. Distribución de costos totales por rubro..... | 233 |
| Figura 11.6. Composición del precio de venta de un producto..... | 234 |
| Figura 13.1. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta de los productos. | 247 |
| Figura 13.2. Variación de la TIR con respecto a la variación del precio de venta de los productos. | 248 |
| Figura 13.3. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta del hidrógeno. | 248 |
| Figura 13.4. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta del hidrógeno. | 249 |



RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo contiene el análisis y evaluación técnico-económica de: “Producción de Hidrógeno verde a partir de Biomasa”. El estudio realizado alcanza el nivel de prefactibilidad.

El hidrógeno (H_2) es un elemento químico formado por un solo protón y un solo electrón que se encuentra en forma de molécula de gas diatómica, normalmente combinado con otros elementos, generando diferentes tipos de moléculas. Es un gas inflamable, incoloro, inodoro, no tóxico e insoluble en agua. El hidrógeno se usa principalmente en la producción de amoníaco, fertilizantes y en la industria petroquímica como en la refinación de hidrocarburos, producción de metanol y formulación de combustibles. También se utiliza en la industria metalúrgica, siderúrgica y actualmente con la aplicación de nuevas tecnologías se incorpora en movilidad y transporte como combustible.

El hidrógeno puro es obtenido a través del agua tratada, por un proceso de electrólisis y, del total de hidrógeno producido en el país, más del 30% es destinado a la industria petroquímica y alrededor de un 25% para fertilizantes.

Según estudios realizados por la Agencia Internacional de Energía (IEA), se proyecta hacia 2030 un crecimiento importante en la demanda mundial de hidrógeno, alcanzando valores superiores a 110 toneladas métricas por año, lo cual representa una valiosa oportunidad para introducirse en el mercado.

La importancia del desarrollo de nuevas plantas productoras radica, a nivel nacional, en el abastecimiento permanente del material requerido, adicionalmente de la generación de empleos y la industrialización en el país.

En el estudio de mercado se permite inferir que la disposición de materia prima a nivel nacional estaría garantizada. Además, no se identifican elementos que indiquen aumentos sustanciales en el precio de los mismos (cabe destacar que el análisis se desarrolla en dólares americanos) teniendo en cuenta que el producto a comercializar es un commodity, esta empresa sería tomadora de precio y no formadora.

La distribución a los clientes podría lograrse en forma directa, ya que el producto terminado es apto para el consumo instantáneamente. El precio utilizado en la evaluación prevé esta última situación, y el mismo se obtuvo a partir de una regresión realizada en un horizonte temporal entre los años 2015 y 2022, el cual arrojó un valor de 7500 U\$/tn.

Como referencia principal fueron utilizados los datos arrojados por la Agencia Internacional de Energía (EIA), y los distintos ministerios encargados del desarrollo industrial y tecnológicos de la Nación, tanto en consumo como el precio del producto, y de algunos boletines oficiales en cuanto a estudios e investigaciones del consumo potencial en los próximos años. Estos datos fueron



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

analizados y estudiados cuidadosamente teniendo en cuenta las situaciones económicas mundiales y nacionales para luego hacer una proyección a 10 años.

Según las características propias del proceso y especificaciones técnicas del producto final a obtener, el proceso productivo y la tecnología más adecuada por disponibilidad de equipos y simplicidad del desarrollo y diseño de los mismos, consiste en el desarrollo del electrolizador Silyzer 300 (patente), en el cual la reacción se lleva a cabo en fase líquida.

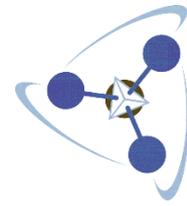
Para la determinación del tamaño, que se define en base al volumen de producción, se parte de la premisa de sustituir parte del consumo nacional de hidrógeno gris con hidrógeno verde. Para esto se consideran las proyecciones de aumento de la demanda y los datos de las empresas nacionales productoras que no proyectan ampliaciones sustanciales en su capacidad de producción. El tamaño máximo quedaría limitado por la capacidad de inversión y la tecnología. Con estas consideraciones se establece que el tamaño seleccionado sería de 5548,8 toneladas anuales. Este valor se contrastó con otras plantas del mismo producto, que, en general, tienen volúmenes de producción similares o mayores.

Con este nivel de producción se cubriría un 1,7% de la demanda actual de Argentina y un 1,2% de la demanda proyectada promedio de hidrógeno en el país para los años de evaluación del proyecto.

Del estudio de localización realizado, se identificó (tras una serie de análisis de ponderación, entre otros) como mejor alternativa la ubicación del emprendimiento en el parque industrial de San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro, destacándose de otras localizaciones, como por ejemplo Entre Ríos, por la disponibilidad de terrenos, recursos naturales y cercanía a los distintos mercados.

El proceso parte de agua tratada que ingresa a los módulos del electrolizador, que cuentan con un intercambiador de calor a la entrada que aumenta la temperatura del agua, permitiendo mayor eficiencia del equipo. Dentro del electrolizador, por medio de energía eléctrica, se rompe la molécula de agua para obtener hidrógeno y oxígeno. Estos gases se tratan separadamente, para obtenerlos finalmente con una elevada pureza y libres de humedad. Luego de su obtención, sigue el proceso de compresión de ambos gases para su posterior almacenamiento. Cabe destacar que la energía requerida para el proceso se obtendrá por medio de fuentes de energía renovables, tanto biomasa (a través de un ciclo de cogeneración) así como energía eólica obtenida por medio de aerogeneradores.

Se realizó, además, un análisis acerca de las distintas leyes y decretos que aplicarían para el proyecto y se concluyó que no habría ninguna normativa que dificulte la instalación de una planta de este tipo.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

La mayor parte de los compradores del producto objeto serían Pymes, que, en su mayoría, no exigen la certificación de normativas internacionales de calidad. Sin embargo, se estableció la conveniencia de implementación de normas ISO previendo una ampliación de los horizontes de mercado.

En lo que respecta al análisis medioambiental, este tipo de producto no generará efluentes gaseosos directamente, aunque se tendrían efluentes acuosos productos del funcionamiento habitual de la planta como son los cloacales y aguas residuales producto de la limpieza. Además, se generarían pequeñas cantidades de efluentes sólidos por los residuos de combustión de la biomasa en las calderas utilizadas en la unidad de producción de vapor. La cantidad de efluentes gaseosos y sólidos sería despreciable, aunque se proponen las medidas de mitigación correspondientes. Se puede observar que el impacto que se ocasionará al medio ambiente no sería de gran magnitud, aunque es muy importante la seguridad industrial, ya que se trabaja con un producto almacenado en estado gaseoso y a alta presión. Para la radicación en el parque industrial, el organismo regulador municipal exige una Evaluación de Impacto Ambiental, y para obtener la Declaración de Impacto Ambiental, el proyecto deberá pasar la instancia de la Audiencia Pública, además de seguir con otras legislaciones dependientes de la localización y el tipo de actividad a desarrollar.

El análisis económico fue realizado para un horizonte de evaluación de 10 años. La implementación de este proyecto demandaría una inversión inicial de U\$S 333.163.337,87, mientras que la inversión en capital de trabajo alcanzaría los U\$S 19.890.799,42. La tasa de descuento se calculó a través del método CAPM y arrojó un valor de 22,7%.

Los costos anuales de operación se estiman en U\$S 150.286.040,09, mientras que las utilidades anuales se encuentran en U\$S 14.457.959,91, por lo que el VAN, evaluado a 10 años, sería de -U\$S 289.542.993,64, y la TIR sería de -5,9%. A partir de estos valores, se define la no rentabilidad del proyecto bajo las condiciones establecidas.

Del análisis de riesgo se determinaron cualitativamente ciertos valores que afectan al proyecto, y a fines de un proyecto de prefactibilidad se encuentra que las atribuciones económicas son las que más afectarían la viabilidad del proyecto.

De estas variables se realizó un análisis de sensibilidad unidimensional. Se estudiaron como parámetros influyentes el precio de venta de los productos, concluyendo que la sensibilidad alcanzaría un 72%, es decir, un aumento del precio de venta del hidrógeno por encima de U\$S 12.900 por tonelada haría nulo el VAN del proyecto. A partir de este valor se obtendrían resultados de VAN positivo y una TIR por encima de la tasa de descuento del proyecto, pero con un precio excesivamente alto para el mercado y por ende muy poco competitivo.



ABSTRACT

This project contains the technical-economic analysis of: "Design of a Production Plant of Green Hydrogen from Biomass". The study is based on developing the pre-feasibility level.

Hydrogen (H_2) is a chemical element which has one proton and one electron, and it is found as a diatomic gas molecule, usually combined with some other elements, producing different kinds of compounds. It is a flammable, colourless, odourless, non-toxic and a water-unsolvable gas. Hydrogen is mainly used in ammonia and fertilizers production, and in the petrochemical industry such as in hydrocarbons refining, methanol production and fuels formulation. It is also applied in metallurgical and steel maker industries, and nowadays, with the development of new technologies, it is being incorporated in the transport industry as fuel.

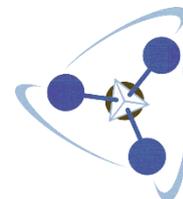
Pure hydrogen is produced from threatened water, through an electrolysis process and, from all the hydrogen made in our country, more than 30% is destined to the petrochemical industry and around 25% to fertilizers production.

According to some studies made by the International Energy Agency (IEA), it is projected for 2030 an important growth in the global demand of hydrogen, reaching higher values than 110 metric tons per year, which represents a valuable opportunity to get into the market.

The importance of the development of new productive plants at a national scale, is related to the continuous supply of the required product, added to employment creation and the country's industrialization.

The market study proposes that the availability of raw material is guaranteed. In addition, there are no factors that indicate increases in the price of these (it should be noted that the analysis is developed in US dollars) because the product to be marketed is a commodity, and this company would be a price taker and not a price maker.

Distribution to customers could be achieved directly, as the product is instantly fit for consumption. The price used in the evaluation foresees this situation, and it was obtained from a regression carried out in a time horizon between 2015 and 2022, which left a value of 7500 U\$\$/ton.



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

As the principal reference, the data provided by the IEA and the ministries in charge of the industrial and technological development of the Nation, both in consumption and in the price of the product, were used to develop this project. These data were carefully analyzed and studied keeping in mind the world and national economic situations and the 10-year projection.

According to the characteristics of the process and technical specifications of the final product, the production process and the most appropriate technology due to the availability of equipment and the simplicity of their development and design, consists of the development of the Silyzer 300 electrolyzer (patent), in which the reaction takes place in liquid form.

For the determination of the size, which is defined based on the volume of production, it starts on the premise of replacing a part of the national demand for gray hydrogen with green hydrogen. For this, projections of increased demand and data from national producing companies that do not project substantial increases in their production capacity are considered. The maximum size would be limited by the inversion capacity and the technology. With these considerations, it is established that the selected size would be 5548,8 tons per year. This value was contrasted with other plants of the same product, which, in general, have higher production volumes.

This production level would cover 1,7% of the actual demand of this gas, and 1,2% of the projected demand of hydrogen in Argentina for the years of evaluation of the project.

From the location study, San Antonio Oeste Industrial Park, Río Negro Province, was identified as the best alternative (after a series of weighting analyzes, among others) to place the hydrogen plant, standing out from other locations, such as Entre Ríos, due to the availability of land, natural resources, and proximity to the different markets.

The process starts with threatened water entering the modules of the electrolyzers, where there is a heat exchanger that increases the water temperature before the entrance that contributes to raise the equipment efficiency. In the electrolyzers, the water molecule splits up by the action of electric energy, and gaseous hydrogen and oxygen are obtained. These gasses are threatened separately in order to dry and purify them. After that, the gasses are compressed and stored. It should be pointed out that the energy needed for the process is obtained from renewable resources, such as biomass (through a cogeneration cycle) and wind energy obtained from wind turbines.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

In addition, an analysis was carried out on the different laws and decrees that would apply to the project and it was concluded that there would be no regulations that would make it difficult to install a plant of this type.

Most of the buyers would be small and medium enterprises, and they do not require certification of international quality standards. However, the advisability of implementing ISO standards was established, anticipating a broadening of market horizons.

Regarding an environmental analysis, this type of product would not generate direct gaseous effluents, but liquid effluents will be produced from the normal operation of the plant such as sewage and wastewater from cleaning. In addition, small quantities of solid waste will be generated by the combustion of biomass. Gaseous and solid effluents are insignificant, although the corresponding mitigation measures are proposed. The impact that would be caused to the environment would not be of great magnitude, although industrial safety is very important, since it works with a high-pressure stored gas classified as explosive.

For the project establishment in the industrial park, the municipal regulatory body requires an Environmental Impact Assessment, and to obtain the Environmental Impact Statement, the project must pass the instance of the Public Hearing, in addition to following other laws depending on the location and the type of activity to develop.

The economic analysis was made for a 10-year evaluation horizon. The implementation of this project would require an initial investment of U\$S 333.163.337,87, while the investment in working capital would reach U\$S 19.890.799,42. The discount rate was calculated using the CAPM method and yielded a value of 22,7%.

Annual operating costs are estimated at U\$S 150.286.040,09, while annual profits are at U\$S 14.457.959,91, so the VAN, evaluated at 10 years, would be - U\$S 289.542.993,64, and the TIR would be almost -5,9%. This result shows the no profitability of the project under the established conditions.

From the risk analysis, certain values that affect the project were qualitatively determined, and at the end of a pre-feasibility project it is found that the economic attributions are the ones that would most affect the viability of the project.



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

A one-dimensional sensitivity analysis was performed on these variables. The products' sale price was studied as an influencing parameter, concluding that the project sensitivity would reach a value of 104,5%, which means that a hydrogen sale price increase over U\$S 15.337,5 per ton would nullify the VAN. From these values, positive VAN results would be obtained, even though the product will not be competitive.



1. INTRODUCCIÓN

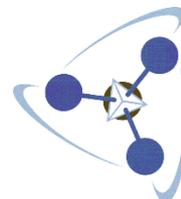
El hidrógeno es el elemento químico más abundante en el universo y el tercero más abundante en la Tierra. Sin embargo, naturalmente, no se lo encuentra en estado libre, sino que siempre se lo haya combinado conformando diversas sustancias. Es por ello que, en la actualidad, existen diversos métodos para la obtención de éste, a partir de diversas materias primas y aplicando diferentes tecnologías.

El siguiente estudio de prefactibilidad contempla el análisis de la instalación de una planta de producción de hidrógeno obtenida por electrólisis de agua, utilizando biomasa como combustible para la obtención de la energía requerida para el proceso.

La idea del proyecto surge como un aprovechamiento de oportunidades provenientes del cambio de panorama que se propone a escala global. La búsqueda actual de la sustitución de los combustibles fósiles por combustibles alternativos, impulsada por una imperiosa necesidad de transición hacia sistemas energéticos más “verdes”, es una idea que se ha transformado en realidad. De esta manera, el estudio busca incorporar al mercado este producto, el cual es un candidato promisorio para el reemplazo de los combustibles anteriormente mencionados, obtenido de una forma que sea amigable con el ambiente, logrando así una neutralidad en las emisiones de carbono del proceso que se acople a este nuevo paradigma mundial. Cabe destacar, de igual manera, aunque se denomine al hidrógeno como el “combustible del futuro”, en realidad éste no es una fuente primaria de energía, sino que es un vector energético, es decir, un portador de energía.

Las tendencias globales que apuntan a una incorporación masiva de las energías renovables, apuntan también a nuevas tecnologías de almacenamiento energético. La producción de hidrógeno verde a través de la electrólisis del agua se erige en este contexto como una de las alternativas más prometedoras, formando parte de múltiples planes nacionales. No obstante, los estudios técnicos y ambientales, así como los marcos normativos que regulan esta incipiente actividad, son todavía escasos.

Teniendo en cuenta su potencial en la región, particularmente en Argentina, el objetivo de este trabajo consiste en describir y analizar los aspectos tecnológicos, de mercado, económicos y ambientales derivados de la producción de hidrógeno por el método anteriormente mencionado. Debido a la inestabilidad económica actual de Argentina, el horizonte de evaluación propuesto para el proyecto es de 10 años, en el cual se tomará una postura conservadora en cuanto a los pronósticos de precios, a la estimación de costos y diseño de equipos. Si el estudio de prefactibilidad es viable en esta situación, se justificará realizar un estudio en detalle, en el que seguramente, una estimación de costos más precisa y con un mayor horizonte de evaluación resultará en un pronóstico con mayor beneficio económico y viable en el tiempo.



2. ESTUDIO DE MERCADO

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL HIDRÓGENO Y SUS PROPIEDADES

El hidrógeno es el elemento más simple y pequeño, y está formado por un solo protón y un solo electrón. Por su simplicidad estructural, es el elemento más abundante del universo, presente en forma masiva en las estrellas y los planetas gaseosos.



Figura 2.1. Representación del hidrógeno en la tabla periódica de los elementos.

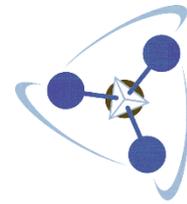
Fuente: Libro “Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada”

En condiciones normales, se encuentra en forma de molécula de gas diatómica, H_2 , aunque, como ya se mencionó, en la naturaleza no se lo halla de esta forma. Se combina con otros elementos generando diferentes tipos de moléculas, como el agua (H_2O), amoníaco (NH_3), hidrocarburos como el benceno (C_6H_6), entre otros. Es un gas inflamable, incoloro, inodoro, no tóxico e insoluble en agua.

Tabla 2.1. Propiedades físicas del hidrógeno molecular.

| Parámetro | Valor | Unidad |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Peso molecular | $2,016 \cdot 10^{-3}$ | Kg/mol |
| Punto de fusión | 14,1 | K |
| Punto de ebullición | 20,3 | K |
| Densidad (sólido) | 89 | Kg/m ³ |
| Densidad (líquido) | 71 | Kg/m ³ |
| Densidad (gaseoso) | $8,99 \cdot 10^{-2}$ | Kg/m ³ |
| Conductividad térmica a 25°C | 0,1842 | W/K*m |
| Calor bruto de combustión | $2,65 \cdot 10^5$ | kJ/kg*mol |
| Calor neto de combustión | $2,419 \cdot 10^5$ | kJ/kg*mol |
| Temperatura de autoignición | 858 | K |
| Rango de inflamabilidad en oxígeno | 4-94 | % |
| Rango de inflamabilidad en aire | 4-74 | % |
| Poder calorífico | 33,3 | kWh/kg |

Fuente: Evaluación técnica y económica del uso de hidrógeno verde en aplicaciones para la industria y desplazamiento de combustible fósil.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Si bien el hidrógeno no es un compuesto tóxico, se trata de una molécula muy pequeña que presenta elevados coeficientes de difusión, lo que aumenta el riesgo de fugas, así como de debilitamiento de los materiales usados en sus instalaciones, como tuberías de acero, conectores y sellados. Es también un gas altamente inflamable debido a sus condiciones de ignición y a la baja temperatura requerida para que esta se produzca, aunque este hecho se mitiga parcialmente por su alta flotabilidad y difusividad, que facilitan su rápida dispersión en el aire. Su llama, además, es incolora e inodora, lo que hace más difícil su detección en incendios y fugas.

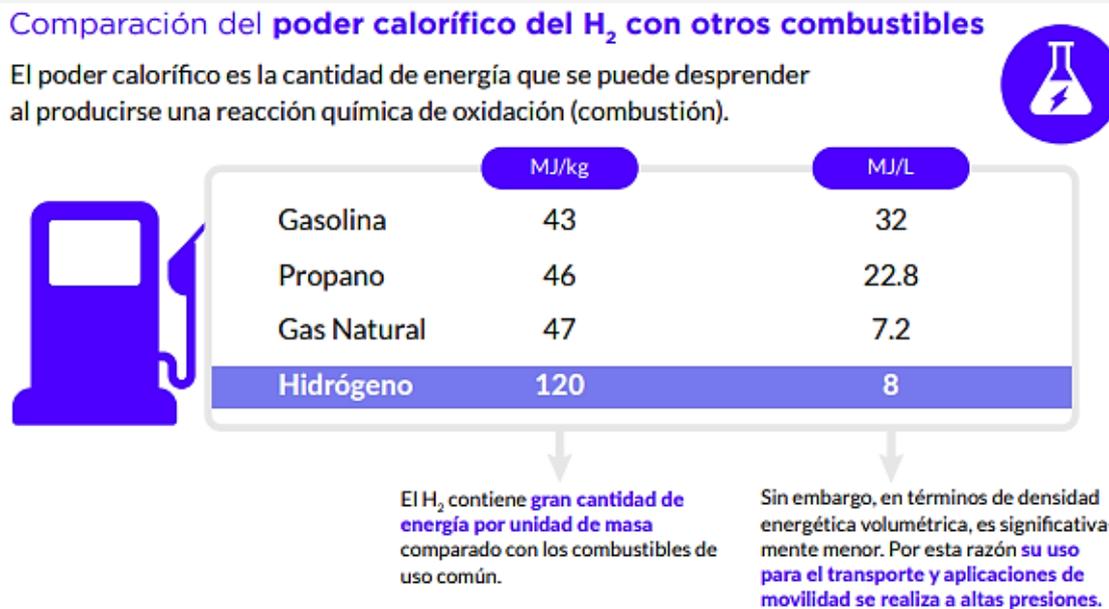
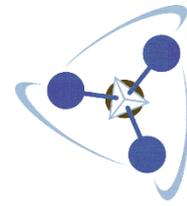


Figura 2.2. Comparación de propiedades del hidrógeno con otros combustibles.

Fuente: Manual del Hidrógeno Verde.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

A causa de lo anterior, el hidrógeno requiere de protocolos específicos de manejo, lo cual es un desafío importante, pero no más complejos que los manejos que requieren otros combustibles.

Aunque las características fisicoquímicas de este elemento pueden no ser las ideales para su incorporación de forma simple, directa y masiva en nuestra economía, los beneficios potenciales que podría aportar son lo suficientemente importantes como para considerar su significativo papel en la cadena de valor, siempre que se tomen las correctas medidas de seguridad. Sus principales ventajas son:

- Es el único combustible que no genera dióxido de carbono durante su utilización, ya que su combinación con oxígeno produce únicamente agua.
- Es un combustible renovable cuyas reservas son inagotables.
- Se puede almacenar físicamente de forma relativamente sencilla, como gas presurizado o como líquido.

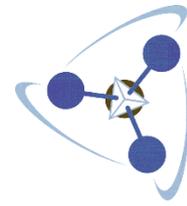
2.1.2 USOS Y APLICACIONES

Las principales actividades consumidoras del hidrógeno producido son la producción de amoníaco, en su mayoría para fertilizantes, así como también la industria petroquímica (refinación de hidrocarburos) y la producción de metanol, el cual tiene diversos usos industriales y también interviene en la formulación de combustibles. Adicionalmente, es utilizado en la industria alimenticia, y la producción siderúrgica y metalúrgica. Si bien aproximadamente un tercio de la demanda de hidrógeno es producida por la industria del transporte, dado su uso en combustibles, menos del 0,1% corresponde actualmente al abastecimiento de vehículos de celda de combustibles de hidrógeno (Fuel Cell Electric Vehicle - FCEV). Sin embargo, la celda de combustible de hidrógeno tiene perspectivas prometedoras de aplicación en un conjunto amplio de sectores.



Figura 2.3. Principales aplicaciones del hidrógeno.

Fuente: Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

La celda de combustible consiste en un reactor electroquímico que convierte la energía química de un combustible y un oxidante directamente en electricidad. A diferencia de los combustibles fósiles, como único subproducto de este proceso que utiliza hidrógeno se obtiene vapor de agua. Entre los usos de la celda de combustible pueden destacarse aplicaciones en el transporte y movilidad, motores y energía estacionaria.

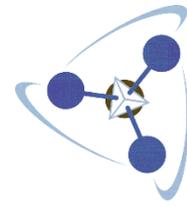
Existe, en la actualidad, una amplia variedad de vehículos donde el hidrógeno se almacena comprimido en tanques para ser utilizado como combustible. En el caso de automóviles, colectivos o montacargas, su uso ya se encuentra comercialmente habilitado, mientras que, en camiones de carga liviana y media, están aún en fase de demostración. En el caso de camiones de carga pesadas, actualmente se está en fase de desarrollo de producción.

Distintos países, como Estados Unidos, China, Japón o algunos de la Unión Europea, ya poseen vehículos alimentados con hidrógeno en circulación y se planean importantes metas para aumentarlos hacia el año 2030. Una de las principales ventajas que poseen los FCEV frente a los vehículos eléctricos de batería (Battery Electric Vehicle, BEV) es que sus componentes son más livianos, lo cual permite mejor competitividad para movilizar vehículos pesados. Además, la celda de combustible posee mayor autonomía y velocidad de carga. Otra importante virtud que posee el uso de la celda de combustible es que no necesita una estación de carga de batería y las estaciones de recarga de hidrógeno son similares a las convencionales de combustibles fósiles.

También es posible el uso del hidrógeno en aviones, barcos y trenes, aunque tales aplicaciones no tienen por el momento tanta factibilidad ni desarrollo como su uso en vehículos. Los trenes de celda de combustibles en base a hidrógeno son adecuados para distancias largas, en rutas de relativa baja frecuencia, con pocas paradas y vías aún no electrificadas. En esas condiciones, los trenes alimentados por hidrógeno pueden ser más competitivos que los eléctricos en cuanto a costos. Actualmente, existen varios proyectos con trenes operando en Alemania o Austria y otros en fase de análisis dadas las perspectivas de reducción de costos de celdas, tanques de almacenamiento y la proyectada caída del precio del hidrógeno.

En un estado más lejano se encuentran los avances en barcos en base a la celda de combustible de hidrógeno. Sin embargo, se espera que para antes de 2030 sean viables económicamente los barcos pequeños (con un requerimiento de motor menor a los 2 MW, como los ferries con capacidad para transportar el equivalente de 100 autos) y para 2035 los barcos de gran tonelaje (con motores con una potencia mayor a los 4 MW).

Bajo las mismas condiciones, la implementación del hidrógeno en aviones es más probable en pequeños aviones (de hasta 20 pasajeros), donde la celda de combustible se encuentra siendo testeada, que en los grandes, donde la opción



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

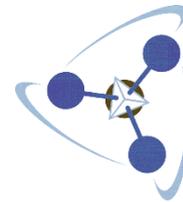
más viable es la de combustibles sintéticos que mezclen hidrógeno con kerosene sintético. La competitividad de estas tecnologías dependerá de la infraestructura de las regiones, el costo de la electricidad, la reducción de los costos de la celda y del combustible de hidrógeno, entre otros.

Otra aplicación que posee el hidrógeno es su uso como fuente de calor tanto en el sector industrial como residencial. En cuanto a su uso doméstico, las alternativas con las que el hidrógeno puede ser aplicado son las calderas y las celdas de combustibles para la combinación de calor y energía.

Una de las ventajas que posee el hidrógeno, y una de las claves para lograr costos competitivos en este aspecto, es la posibilidad de ser transportado en las redes existentes de gas, por lo que podría utilizarse una infraestructura ya desarrollada. Si bien no es previsible que los costos del calentamiento por hidrógeno desplacen al gas en el medio término, esta aparece como la opción más viable para la descarbonización en este rubro.

Con respecto al calentamiento industrial, el calor obtenido a través de la combustión del hidrógeno se presenta como una de las mejores alternativas para escalas industriales de media y alta temperatura (superiores a 400°C), frente a otras alternativas bajas en emisiones, como la biomasa o los combustibles fósiles con captura de CO₂. Al igual que en las anteriores aplicaciones, la competitividad del hidrógeno versus las energías convencionales estará determinada por la evolución de sus costos en el tiempo.

También es posible utilizar el hidrógeno en la generación de energía eléctrica con fines industriales, dado que las turbinas de hidrógeno ofrecen una vía para balancear el sistema, así como brindar energía cuando la demanda aumenta. Puede tener un rol relevante en la provisión de flexibilidad en sistemas energéticos con bajas emisiones, tanto para equilibrar los picos de demanda de corto plazo que aparecen en distintas horas, o también en la generación en turbinas de ciclo combinado junto al gas en momentos donde la oferta de energía renovable no es suficiente.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

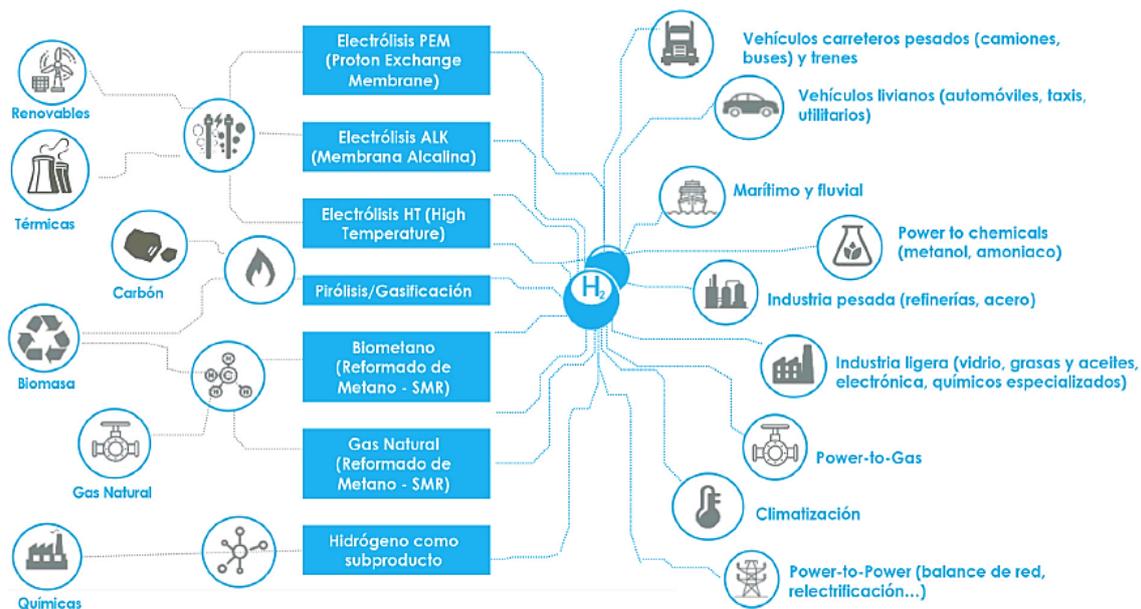


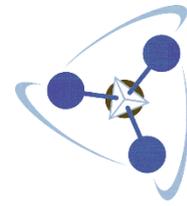
Figura 2.4. Fuentes para la producción de hidrógeno y usos finales.

Fuente: Inicio Latin America

En la actualidad, la aplicación principal y más importante de este elemento es la de actuar como vector energético para la tan deseada descarbonización del sistema de energía, de transporte, del sector industrial, entre otros.

El hidrógeno no sólo es una fuente de energía, sino que también se lo puede utilizar para almacenarla. Esto es principalmente aplicable en el respaldo de la energía producida a partir de turbinas eólicas y paneles solares. El exceso de energía renovable se puede utilizar para producir hidrógeno, que a su vez se puede almacenar en grandes cantidades para su uso posterior. El hidrógeno almacenado se puede distribuir a través de diversos canales para destinarse a una amplia gama de aplicaciones que favorecen a la descarbonización, desde la reducción de las emisiones de combustible en el transporte vehicular, hasta la reducción de la huella de carbono en las industrias tradicionalmente intensivas en carbono. En este sentido, el hidrógeno puede funcionar como un amortiguador y una opción de almacenamiento energético en el largo plazo para el sistema eléctrico. El almacenamiento de grandes volúmenes de hidrógeno es posible a bajos costos y, en contraste con las baterías, el impacto del almacenamiento a lo largo del tiempo es más limitado.

Es debido a esto que en la actualidad se está optando por métodos de producción de este gas que sean sustentables y libres de emisiones de carbono, para lograr un ciclo de vida del hidrógeno que siga los lineamientos de la descarbonización.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

2.1.2.1. Relación de la aplicación del hidrógeno verde con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible

La Organización de Naciones Unidas (ONU) desde hace ya algunos años lanzó una serie de metas a cumplir de forma global hacia el año 2030. Estas metas se conocen como “Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)” y son 17 en total, los cuales se representan en la Figura 2.5.



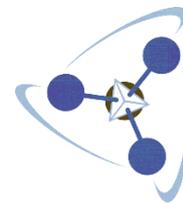
Figura 2.5. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: Organización de Naciones Unidas.

La paulatina adopción del hidrógeno verde en el día a día de la sociedad, en su industria y en sus alternativas de movilidad, hará que los ODS puedan alcanzarse y superar los registros marcados en la agenda 2030.

En particular, centrándonos en algunos de ellos, el hidrógeno verde tiene mucho que aportar a los objetivos relacionados con la energía asequible y no contaminante (ODS 7), como no podría ser de otra manera, con el desarrollo de la industria y la innovación (ODS 9), con el trabajo decente y el crecimiento económico (ODS 8) y, finalmente, con la acción por el clima (ODS 13).

- **ODS 7: Energía asequible y no contaminante.** El hidrógeno verde es, por definición, un vector energético limpio, no contaminante. A través de un proceso de electrólisis, el método más habitual, aunque no el único, la molécula del agua se divide en oxígeno e hidrógeno. Para lograr esta separación, se necesita de corriente eléctrica que será obtenida de fuentes renovables, como el sol, la biomasa o el viento. De ahí que hablemos de hidrógeno verde o también renovable, por la procedencia de



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

la electricidad. Los usos son variados, como materia prima o transformado en electricidad, pero, en todo caso, están libres de emisiones de CO₂, por lo que el hidrógeno se consolida como una alternativa limpia a los combustibles fósiles. Queda aún por ver la rentabilidad del hidrógeno verde, pero en la medida que se desarrollen las tecnologías de producción, el costo irá disminuyendo hasta lograr ser una fuente de energía al alcance de cualquier vehículo o industria.

- **ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.** Es precisamente en la industria donde el hidrógeno verde juega un papel más importante. En este objetivo, en el cual se promueve el giro hacia una industria e infraestructuras sostenibles con una apuesta firme por la innovación, el nuevo motor responde como sustituto fundamental del hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles, un punto esencial para la descarbonización de las industrias siderúrgicas o de la cerámica, por ejemplo. También favorece el desarrollo del área de transporte, dirigiendo al sector logístico hacia una mayor eficiencia y reducción de contaminantes.
- **ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.** El hidrógeno prestará un servicio importante en la economía de muchos países. Aquellos privilegiados en cuanto a disponibilidad de energías renovables pueden llegar a posicionarse como exportadores de hidrógeno verde, lo que frenará la dependencia hacia los combustibles fósiles, actuales motores de la inflación y el desequilibrio energético. Además, esta es una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos profesionales de la investigación, la ingeniería o el mantenimiento de instalaciones, dando pie a un nuevo nicho de empleo especializado.
- **ODS 13: Acción por el clima.** Por todo lo anterior, el hidrógeno debe jugar un papel esencial en la acción por el clima, quizás el objetivo más desafiante. Combatir el cambio climático, sustituyendo lo fósil por lo renovable, implica una reducción muy significativa de emisiones no sólo en la industria o en el transporte pesado sino también en los sistemas de calefacción de los hogares, por ejemplo, con lo que, en un futuro próximo, se probará a fondo el nuevo motor.

2.1.3 PROCESOS DE OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO

Existen diferentes procesos por los cuales se puede obtener hidrógeno. Como fue mencionado, al presentarse el hidrógeno mayormente en otros elementos y compuestos químicos como el metano o el agua, su obtención involucra el procesamiento de los mismos a partir de distintas reacciones para lograr la separación del hidrógeno en forma pura. Estas técnicas son variadas y se encuentran en distintas etapas de desarrollo tecnológico y escala, pero entre



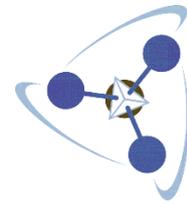
“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

ellas podemos señalar al reformado con vapor del gas natural, reformado con vapor de biocombustibles, gasificación del carbón, gasificación de la biomasa, electrólisis, pirólisis o separación termoquímica, entre otros.

El método que más difusión tiene a nivel global es el reformado con vapor del gas natural, el cual representa al menos el 90% de la oferta global de hidrógeno y el 95% de la producción de hidrógeno en Estados Unidos (Office of Energy Efficiency and Renewables Energy (2021), siendo a su vez una de las técnicas de producción de hidrógeno con mayor impacto ambiental, junto con las de la obtención a partir de otros combustibles fósiles. En este sentido, la producción del hidrógeno a partir de combustibles fósiles generaba, para el año 2019, emisiones de efecto invernadero equivalentes a las del Reino Unido e Indonesia combinados (equivalentes a 830 millones de toneladas de CO₂ por año).

La necesidad de avanzar en materia de descarbonización de la matriz energética, implica que el impulso del uso del hidrógeno como alternativa a los combustibles fósiles, requiere que éste sea producido mediante métodos que tengan el menor impacto ambiental posible. Es por ello el creciente interés en la maduración de tecnologías alternativas existentes y el desarrollo de nuevas que permitan avanzar en la producción de hidrógeno neutro o libre de emisiones de carbono, y la reducción de las emisiones de la producción tradicional.

A partir de ello, se comenzó a clasificar al hidrógeno producido en una serie de categorías según el proceso productivo que se trata y su impacto en términos de emisiones altas, bajas o neutras:

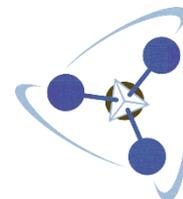


“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 2.2. Métodos de producción de hidrógeno.

| Proceso productivo | Descripción | Disponibilidad | Nivel de emisiones | Denominación |
|--|--|--|--|---------------------------------------|
| Gasificación del carbón | Reacción iterativa a alta presión y temperatura de carbón, oxígeno y vapor de agua. | Tecnología madura | Alto | Hidrógeno marrón o negro |
| Reformado de gas natural con vapor o reformado de metano | Reacción iterativa del metano presente en el gas natural a partir de vapor a alta presión y temperatura. | Tecnología madura | Alto | Hidrógeno gris |
| Reformado de gas natural o reformado de metano. | Proceso de reformado de gas natural con fase de captura y almacenamiento de emisiones. | Tecnología madura | Bajo | Hidrógeno azul |
| Pirólisis | Proceso de descomposición del metano a alta temperatura sin utilización de oxígeno o agua. | Disponible a baja escala | Bajo | Hidrógeno turquesa |
| Gasificación de la biomasa | Reacción a alta presión y temperatura entre el carbón, el oxígeno y el vapor de agua | Tecnología similar a reformado del gas natural pero aún disponible a baja escala | Bajo o neutro según el análisis de vida completo | No hay consenso sobre la denominación |
| Reformado de biocombustibles | Proceso similar al reformado de gas natural pero utilizando derivados líquidos de la biomasa (etanol o biodiésel) | | | |
| Electrólisis | Aplicación de corrientes de electricidad a una solución de agua para lograr la separación de la molécula del agua en hidrógeno y oxígeno | Tecnología madura | El nivel de emisiones depende de la/s fuente/s de energía utilizadas | No hay denominación establecida |
| Electrólisis de fuente nuclear | Proceso de electrólisis con energía nuclear | Tecnología madura | Libre de emisiones | Hidrógeno rosa |
| Electrólisis de fuente renovables | Proceso de electrólisis alimentado exclusivamente de fuentes renovables | Tecnología disponible y en mejora de eficiencia para renovables | Libre de emisiones | Hidrógeno verde |
| Ciclos termoquímicos | Proceso por el cual se somete agua –a partir de un reactor solar– a altísimas temperaturas (500° / 1000° C) para lograr la separación de sus moléculas en hidrógeno y oxígeno. | Tecnología en desarrollo | | |
| Fotocatalisis | | | | |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

2.1.3.1. Proceso de electrólisis del agua

El término griego “lysis” significa descomposición o rotura, por lo que la electrólisis describe un proceso en el que la energía eléctrica es la responsable de realizar las reacciones químicas participantes, y que dan lugar a la rotura molecular. En el caso del electrólisis del agua, mediante la aplicación de un voltaje, que es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, y una corriente continua al agua, se promueve a la ruptura de las moléculas del agua (H_2O) en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2), que se liberan en estado gaseoso. Por lo tanto, un electrolizador es un dispositivo electroquímico que convierte la energía eléctrica en energía química, en algunos casos combinada también con energía térmica al no trabajar a temperatura ambiente. Es por ello que se dice que, en casos de producción excedente de energía eléctrica renovable (cuando la red eléctrica se encuentra saturada; en casos de baja demanda; o simplemente con la intencionalidad de producir un combustible renovable), se puede almacenar la energía renovable en forma de hidrógeno, ya que este puede utilizarse en la posteridad para producir energía nuevamente.

La energía requerida para el proceso proviene de una fuente renovable, en este caso biomasa y energía eólica, es por ello que el hidrógeno obtenido se denomina “hidrógeno verde”, ya que no se genera ninguna emisión de CO_2 en toda la cadena de producción.

DATOS TÉCNICOS:

- 1 kg de H_2 tiene un poder calorífico inferior (LHV) que equivale a 3,77 L de gasolina (alta densidad energética en masa).

- 1 Nm^3 de H_2 equivale a 0,34 L de gasolina (baja densidad energética volumétrica).

2.2. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO DE MERCADO

Uno de los aspectos más importantes en la elaboración de proyectos, es el análisis del mercado en el que se va a ofrecer el producto, ya que, un conocimiento adecuado del mismo permite evaluar las posibilidades de éxito del bien o servicio evaluado. Es necesario estar alerta a las exigencias y expectativas del mercado, más aún en una época de globalización y de alta competitividad de productos como la que se vive actualmente.

Cualquier proyecto que se esté evaluando debe tener un estudio de mercado que le permita saber en qué medio habrá de moverse, pero sobre todo si las posibilidades de venta son reales y si los bienes o servicios podrán colocarse en



las cantidades pensadas, de modo tal que se cumplan los propósitos y objetivos propuestos.

El estudio de mercado que se presenta en este capítulo se realiza a través de un estudio conjunto de investigaciones sobre: la competencia, clientes, demanda, oferta, características del entorno, canales de distribución, lugares de venta del producto, precios, promoción, etc.

2.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Los principales objetivos de este capítulo son:

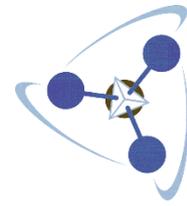
- Analizar el mercado de las materias primas y demás insumos indispensables para el proceso productivo.
- Estudiar el mercado competidor, es decir, a todas las empresas que forman parte de la industria en la que se llevará a cabo el proyecto.
- Comprender las características del medio externo o internacional que pueden influir el desempeño del proyecto.
- Caracterizar al usuario o consumidor potencial del producto gracias a una previa segmentación del mercado.
- Aportar información para colaborar con la delimitación del área geográfica que va a ser atendida por el proyecto.
- Estimar el comportamiento futuro de la demanda y de la oferta de hidrógeno.
- Colaborar con la determinación de la cantidad de producto que los clientes estarán dispuestos a adquirir.
- Estimar el precio del hidrógeno al cual los consumidores estarán dispuestos a adquirirlo.

2.4. MERCADO CONSUMIDOR

2.4.1. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO

La transición ecológica está en la agenda de las principales economías mundiales, entendida tanto como una necesidad de adaptar y mitigar el cambio climático, como también una estrategia para el desarrollo de nuevos negocios y sectores económicos, y una herramienta para la construcción de consenso y política internacional. La ratificación del Acuerdo de París por más de 180 naciones muestra el alto nivel de relevancia que esta agenda adquirió en el escenario internacional, y reflejo de ello es también que su denuncia sea el objetivo preferido de los dirigentes políticos asociados con el negacionismo del cambio climático.

En este contexto, la exploración de alternativas e impulso al uso de nuevos combustibles forma parte central de la política energética de los países más



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

industrializados, al mismo tiempo que se impulsan los desarrollos en tecnologías orientados principalmente a mejorar la escala y eficiencia de los equipos destinados a la producción de hidrógeno verde, con foco en la electrólisis.

Por lo menos una veintena de países han comenzado a trazar sus estrategias con relación a esta industria, incluyendo al bloque de la Unión Europea, Reino Unido, China, India, Japón, Rusia y, recientemente, Estados Unidos y también países con potencialidad de producción de hidrógeno verde como Chile y Marruecos.

Por origen geográfico, la producción de hidrógeno está muy deslocalizada en todo el mundo. Esto ha llevado a que aquellas localizaciones con gran intensidad de fuentes de energía renovable y amplio terreno disponible para su despliegue cuenten con una ventaja competitiva clara en la producción de hidrógeno.

Aunque Europa cuenta con un importante potencial para la producción de hidrógeno, su elevado consumo y su territorio limitado pueden conducir a que sea deficitaria en hidrógeno a largo plazo. Disponer de una capacidad propia de producción de hidrógeno a un costo competitivo, por ejemplo, con precios competitivos de la energía eléctrica renovable, es importante para garantizar una razonable autonomía energética y de competitividad industrial.

Este factor geográfico de la futura producción del hidrógeno es el que explica las diferentes alianzas geográficas que se están formando actualmente para su desarrollo. Dentro de Europa, Alemania está impulsando programas conjuntos con Marruecos y Australia. La propia UE, en su estrategia del hidrógeno para una Europa climáticamente neutra, señala que, “en particular, el norte de África debido a la proximidad geográfica, es un proveedor potencial de hidrógeno renovable competitivo en términos de costes a la UE que requiere que se acelere firmemente el despliegue de la producción de energía renovable en estos países” (European Commission, 2020). A diferencia de la UE, países como EE. UU. y China sí pueden tener capacidad para ser autosuficientes respecto al hidrógeno que consumen e incluso participar como exportadores a nivel internacional.

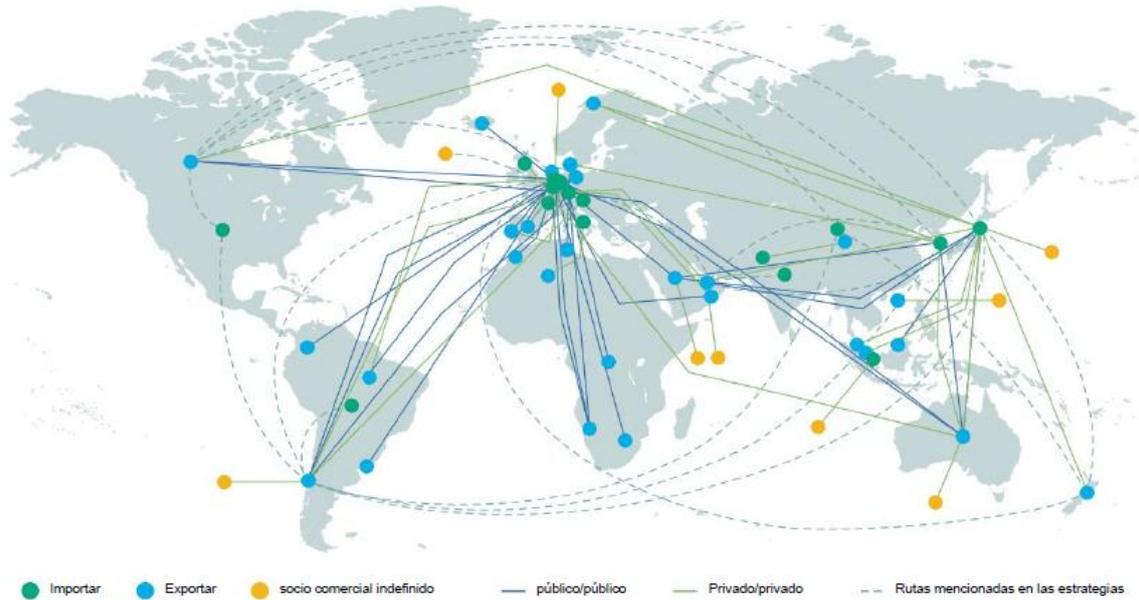


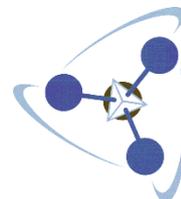
Figura 2.6. Anuncios comerciales bilaterales para el comercio mundial de hidrógeno firmados hasta marzo de 2022.

Fuente: IRENA Global Hydrogen Trade 2022.

2.4.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

2.4.2.1. Demanda global

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), la demanda de hidrógeno en todo el mundo para el año 2019, fue de unas 110 Megatoneladas (Mt), equivalentes a 110 millones de toneladas o unos 4000 TWh (teravatios hora). De esta cantidad, dos tercios (casi 74 Mt) fueron demandados en forma pura, mientras que el tercio restante aparece mezclado con otros gases. En términos generales, el hidrógeno supone el 4% de los usos energéticos y no energéticos a escala global.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

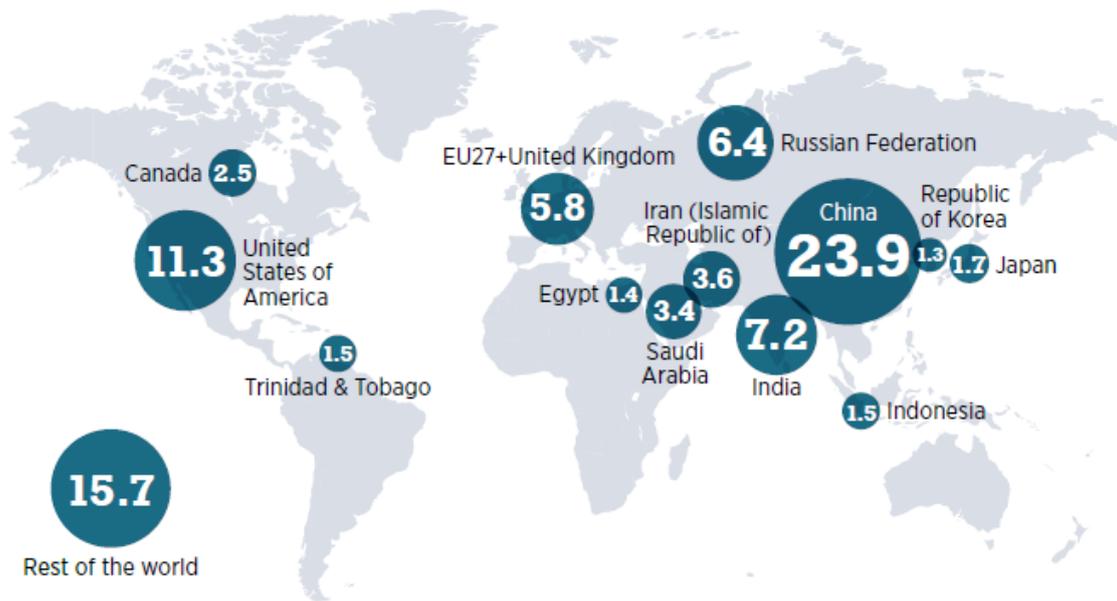


Figura 2.7. Consumo de hidrógeno en el año 2020 (millones de toneladas por año).

Fuente: Natural Earth, 2021.

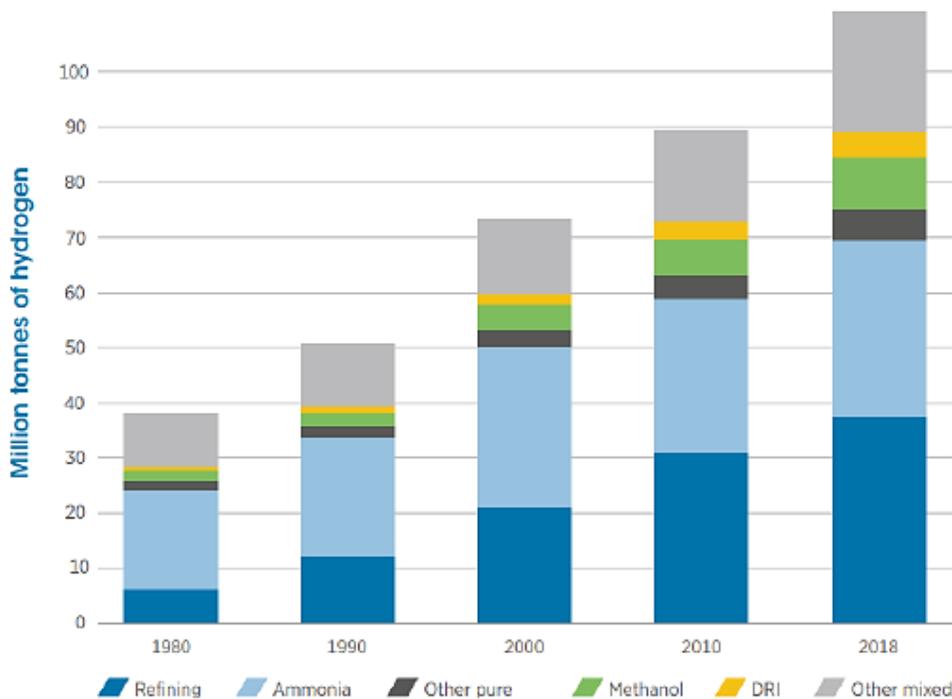
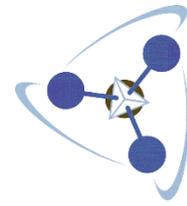


Figura 2.8. Evolución de la demanda global de hidrógeno 1980-2018.

Fuente: IRENA 2019.

El hidrógeno puro se demanda principalmente en la industria del refino (38 Mt, 33% del total) y en la producción de amoníaco (32 Mt, 27% del total), mientras



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

que el hidrógeno en mezcla aparece en la producción de metanol (12 Mt, 11% del total) y la reducción del mineral de hierro (4 Mt, 3% del total).

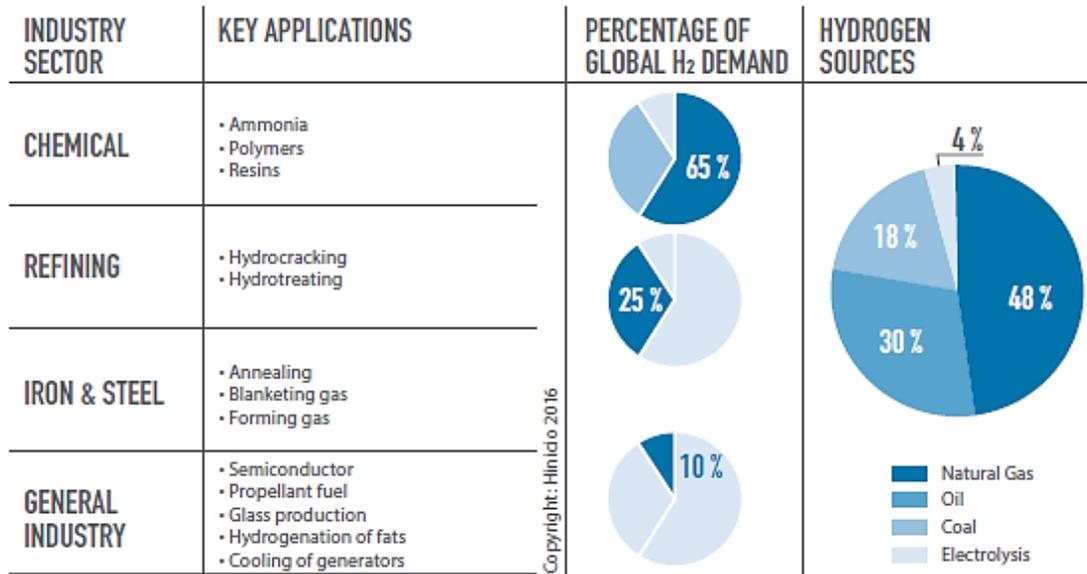


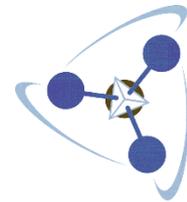
Figura 2.9. Demanda global de hidrógeno por sector y materias primas de producción.

Fuente: IRENA (2016)

En resumen, en la actualidad el uso del hidrógeno se circunscribe principalmente al ámbito industrial, con escasas aplicaciones, aunque con gran potencial de crecimiento, tanto en la industria como, especialmente, en los sectores de la construcción y el transporte.

2.4.2.1.1. Proyección de la demanda global

Al 2050, las matrices energéticas y economías del mundo lucirán más verdes. La disminución proyectada de los costos de energía renovable y electrólisis, junto con la necesidad de descarbonizar todos los sectores de las economías, impulsarán un mercado global del hidrógeno verde y sus derivados.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

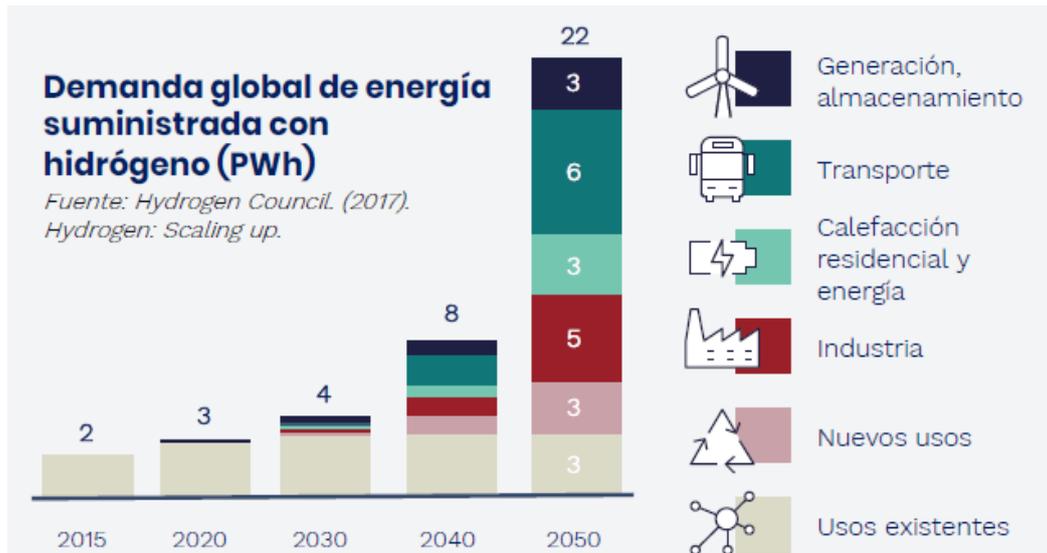


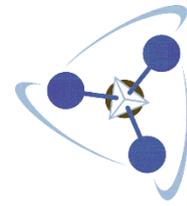
Figura 2.10. Demanda global de energía suministrada con hidrógeno (PWh).

Fuente: Hydrogen Council.

Algunas fuentes estiman que el volumen del mercado de exportación de hidrógeno verde podría ser de alrededor de 300.000 millones de dólares. Para lograr esta transición, se requiere un nivel de inversiones en el orden de 20.000/25.000 millones de dólares anuales, un 15% de las inversiones anuales en la industria de la energía.

El banco de inversiones Goldman Sachs, por otro lado, estima un escenario de aceleración de la transición hacia la economía del hidrógeno mucho más agresivo, que solo en Europa implicará a 2050 una capacidad de generación renovable de al menos 350 GW y 500 GW de capacidad de electrólisis, renovación de toda la infraestructura de gasoductos y extensión de vida útil de plantas de generación térmica con conversión a tecnología del hidrógeno, lo que representaría un valor en activos fijos no inferior a 2,2 billones de euros en 30 años. En este escenario, se estima que casi el 100% del abastecimiento energético en Europa sea renovable, incluyendo generación térmica a partir de hidrógeno.

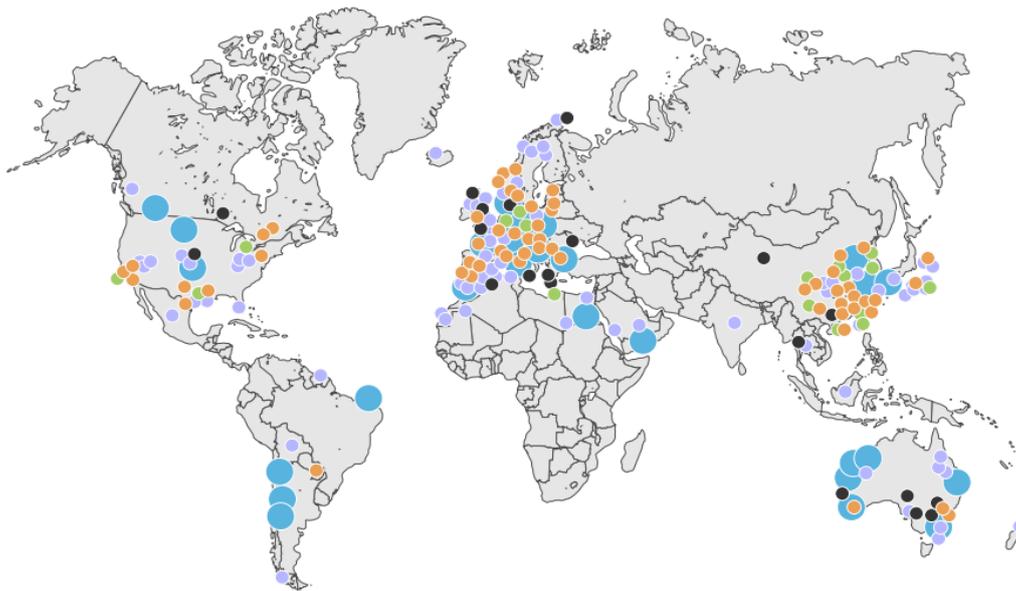
Al mismo tiempo, algunos de los grandes productores de petróleo como Rusia, Arabia Saudita, China y Canadá están avanzando en el diseño e implementación de sus estrategias de reconversión energética en las cuales el hidrógeno será protagonista tanto para consumo doméstico como para exportación. En este sentido, las estrategias incluyen avanzar en la producción del hidrógeno azul con base en su abundancia de gas natural en el corto y mediano plazo, en la medida que se avanza en la estrategia de desarrollo del hidrógeno verde. Arabia Saudita en particular tiene por objetivo una inversión de 5.000 millones de dólares para poner en marcha una planta de hidrógeno verde alimentada por energía solar y



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

eólica en 2025, y continuar teniendo en 2050 una preeminencia sobre el mercado mundial de la energía a partir del hidrógeno.

Si bien las estimaciones son muy disímiles con relación a cuál podría ser el volumen del mercado mundial de hidrógeno, el Consejo del Hidrógeno considera que a 2050 el hidrógeno en sus diferentes presentaciones puede alcanzar el 18% de la demanda final de energía, generar un mercado de 2,5 billones de dólares entre ventas de hidrógeno y equipamiento para su producción y aplicación, y la creación de más de 30 millones de empleos directos e indirectos.



359 proyectos anunciados

~USD 500 bn

Inversiones al 2030, de las cuales 150 bn están asociadas a proyectos maduros.

28

Producción a giga-escala
Proyectos de hidrógeno renovable >1 GW y proyectos de hidrógeno bajo carbono >200 ktpa.

141

Usos industriales gran escala
Refinería, amoníaco, metanol, acero y materia prima para la industria.

96

Transporte
Trenes, barcos, camiones, autos y otras aplicaciones de movilidad con hidrógeno.

56

Economía integrada de hidrógeno
Intersectorial y proyectos de tipos y usos finales diferentes.

38

Proyectos de Infraestructura
Distribución de hidrógeno, transporte, conversión y almacenamiento.

Figura 2.11. Mapeo de proyectos anunciados a nivel global y su alcance.

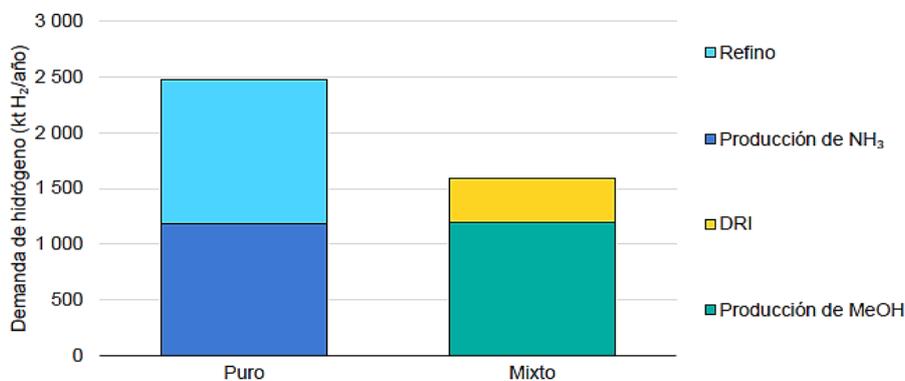
Fuente: Hydrogen Council.

2.4.2.2. Demanda regional

En los países latinoamericanos se observan diversos niveles de desarrollo industrial y una concentración de la actividad en las cinco principales economías de la región (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México), en Trinidad y Tobago y en Venezuela. En 2019, la demanda total de hidrógeno de la región fue de 4,1 Mt de hidrógeno (H_2), alrededor del 5% del total a nivel mundial (que ascendió a casi 90 Mt de H_2 en 2020). Estas cantidades totales excluyen los volúmenes adicionales de hidrógeno presentes en gases residuales de procesos industriales utilizados para la generación de calor y electricidad. Los gases residuales no se consideran demanda de hidrógeno, ya que su uso no está vinculado a ninguna necesidad de hidrógeno, sino a la presencia inherente de hidrógeno en estos flujos.

En el caso de la producción cautiva o dedicada, la producción y el consumo están integrados en el mismo proceso, y esta es la vía de suministro más común en América Latina y se complementa con pequeños volúmenes de producción para venta al mercado. Como el hidrógeno no es objeto de comercio transfronterizo, la demanda es igual a la oferta en todos los países. La demanda latinoamericana de hidrógeno puro ascendió a 2,5 Mt de H_2 /año en 2019, es decir, el 61% de la demanda total de hidrógeno. Las principales fuentes de demanda de hidrógeno puro son la producción de amoníaco (1,2 Mt de H_2 /año) y el refinado de petróleo (1,3 Mt de H_2 /año). No se incluyen en estas cifras la demanda de menor importancia de otros sectores (como electrónica, procesamiento de alimentos y fabricación de vidrio) y los nuevos usos (como el transporte y la generación de electricidad).

La demanda regional de hidrógeno mixto (con gases que contienen carbono) se situó en 1,6 Mt de H_2 /año. Esta demanda procede de aplicaciones como la producción de metanol (1,2 Mt de H_2 /año) y la producción de acero a partir de hierro sometido a reducción directa (0,4 Mt de H_2 /año).



Notas: MeOH = metanol; NH_3 = amoníaco.

Figura 2.12. Demanda de hidrógeno por aplicación en América Latina, año 2019.

Fuente: IEA, Hydrogen in Latin America.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

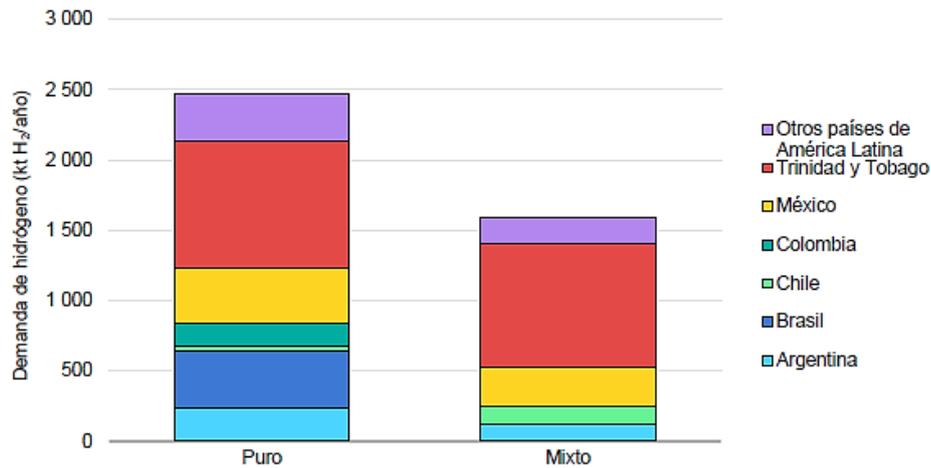
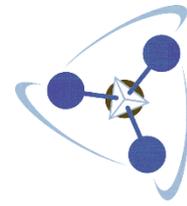


Figura 2.13. Demanda de hidrógeno por país latinoamericano, año 2019.

Fuente: IEA, Hydrogen in Latin America.

Para satisfacer la demanda de 4,1 Mt de hidrógeno del sector industrial en América Latina, la producción del elemento procede casi en su totalidad de combustibles fósiles sin aplicar medidas de mitigación ni técnicas de captura y almacenamiento de las emisiones de CO₂ asociadas. Una pequeña cantidad de las emisiones de carbono (menos del 7%) se retiene temporalmente en forma de urea, pero es expulsada a la atmósfera en la fase de uso final. Concretamente, el gas natural es la principal materia prima y representó el 91% de la producción total en 2019. Esto implica un consumo total estimado de 15.500 millones de metros cúbicos (MMC) de gas natural en 2019, que excede el consumo total de gas natural de Colombia en el mismo año. Este uso del gas natural en la producción de hidrógeno sin tecnologías de captura, almacenamiento y uso del carbono (CCUS por sus siglas en inglés) provocó al menos 32,5 Mt de emisiones de CO₂ en 2019, cifra que excede las emisiones totales generadas por el transporte en Chile.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

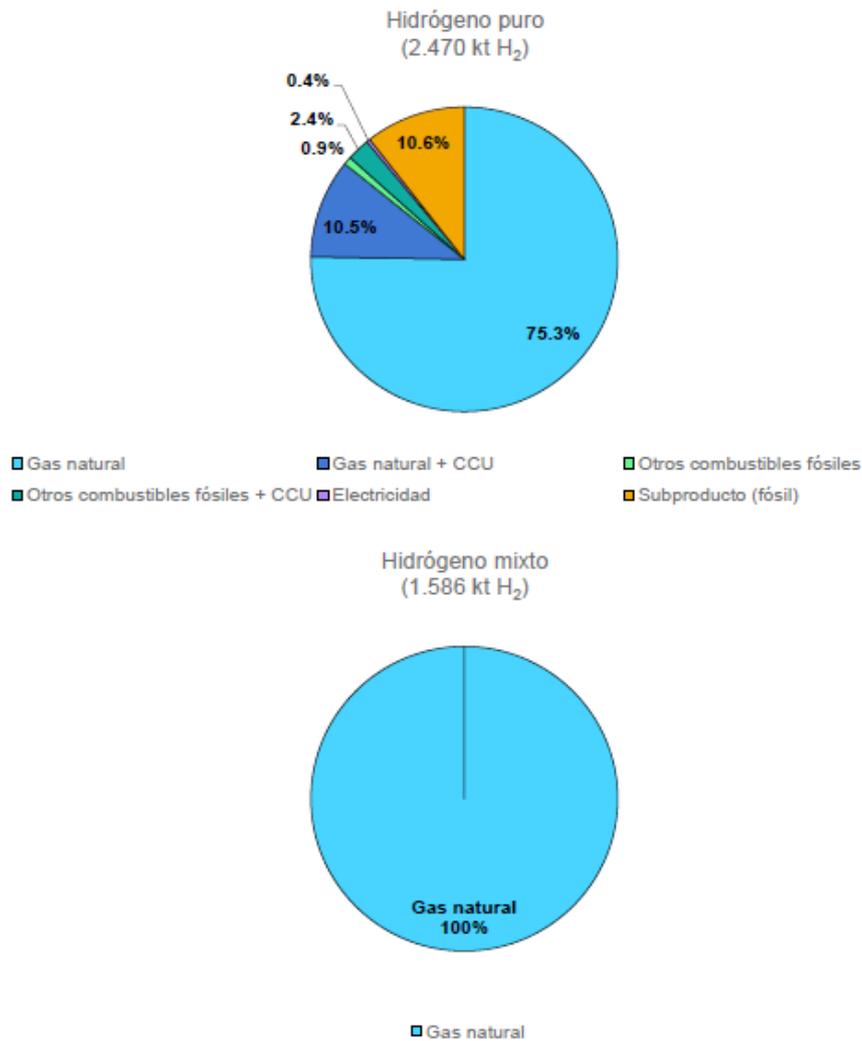
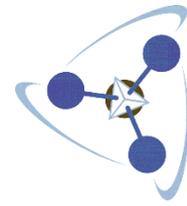


Figura 2.14. Suministro regional de hidrógeno puro y mixto por tipo, América Latina, 2019.

Fuente: IEA, Hydrogen in Latin America.

México, Chile, Argentina, Perú, Colombia y Costa Rica aspiran a ser líderes del mercado mundial del hidrógeno verde, no solo para su producción, ya que también buscan ser exportadores a Europa y Asia, y algunos de estos países hasta plantean alianzas entre ellos. Chile, Brasil y Uruguay están posicionados para convertirse en los primeros exportadores de Latinoamérica, seguidos por Colombia en el mediano y Perú en el largo plazo.

En Chile, uno de los países pioneros, los proyectos dirigidos a la exportación incluyen al amoníaco verde, una iniciativa valorada en US\$3.000 millones y planificada para la región de Magallanes. El país, que está trabajando en una ley para tratar el hidrógeno como combustible y enviar así una clara señal al



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

mercado, también tiene proyectos de hidrógeno verde orientados al sector minero y comenzó a construir una planta piloto de combustible sintético.

En Brasil, varios estados, principalmente del noreste, están trabajando para convertirse en polos de hidrógeno verde. Los actores de la industria que pretenden exportar desde Brasil incluyen a la empresa australiana Fortescue Future Industries (FFI), que también tiene en la mira a la Argentina.

Entre los proyectos más grandes de América Latina se puede mencionar la planta de hidrógeno verde Pampas, proyecto de US\$ 8.400 millones planificado por FFI para la provincia argentina de Río Negro. Si bien el proyecto aún se encuentra en las primeras fases de planificación, el objetivo es comenzar las exportaciones a partir de 2027, según el gobierno provincial. Los legisladores provinciales han aprobado proyectos de ley asociados como preparación.

Índice regional de hidrógeno (Latam)

Índice desarrollado por **Hinicio y New Energy** que mide el progreso hacia la producción y el uso del hidrógeno en países de América Latina y el Caribe a través de un conjunto de indicadores:

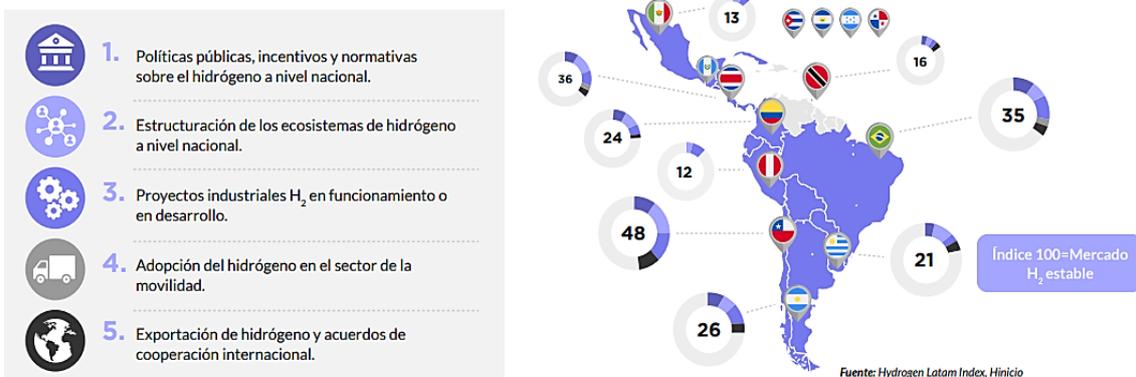
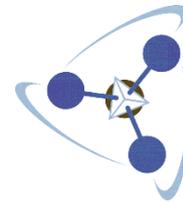


Figura 2.15. Índice regional de hidrógeno en Latinoamérica.

Fuente: Hydrogen Latam Index, Hinicio.

Latinoamérica y el Caribe (LAC), cuentan con recursos abundantes y su infraestructura tiene un gran potencial para hacerle frente a la transición energética. Esto, le permite y le permitirá tener costos de producción de hidrógeno verde bastante competitivos y, además, una voluntad política en crecimiento que ha venido integrando al hidrógeno como una de las apuestas más viables.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”



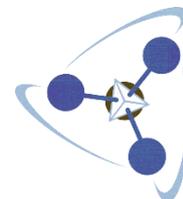
Figura 2.16. Costos estimados de producción de hidrógeno para 2050 (izquierda) y Estado legislativo del hidrógeno para 2021 (derecha).

Fuente: Hiniicio. Estado del Hidrógeno Verde en LAC 2022.

2.4.2.2.1. Proyecciones hacia 2030.

Algunos países de América Latina tienen potencial para producir más hidrógeno de bajas emisiones de carbono del que pueden consumir, gracias a sus abundantes y competitivos recursos de energías renovables. De aquí a 2030, Chile tiene la ambición de producir y exportar el hidrógeno más competitivo del mundo a partir de electricidad renovable, y en muchos países de América Latina se dan las condiciones necesarias para convertir a la región en uno de los líderes mundiales de la producción de hidrógeno de bajas emisiones de carbono.

Actualmente, la región puede hacer mucho para asegurar su lugar en el panorama futuro del hidrógeno de bajas emisiones de carbono. Durante la próxima década, los esfuerzos iniciales deberán dirigirse a apoyar la I+D, los proyectos piloto y el despliegue inicial de tecnologías de producción y consumo de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, así como a sentar las bases para su adopción a gran escala a largo plazo. En los países que se proyectan como futuros exportadores, tanto el establecimiento de programas de certificación y garantías de origen reconocidos internacionalmente como la coordinación de mecanismos con futuros socios comerciales permitirán que estos países vislumbren las oportunidades comerciales emergentes para el hidrógeno de bajas emisiones de carbono y sus productos derivados.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

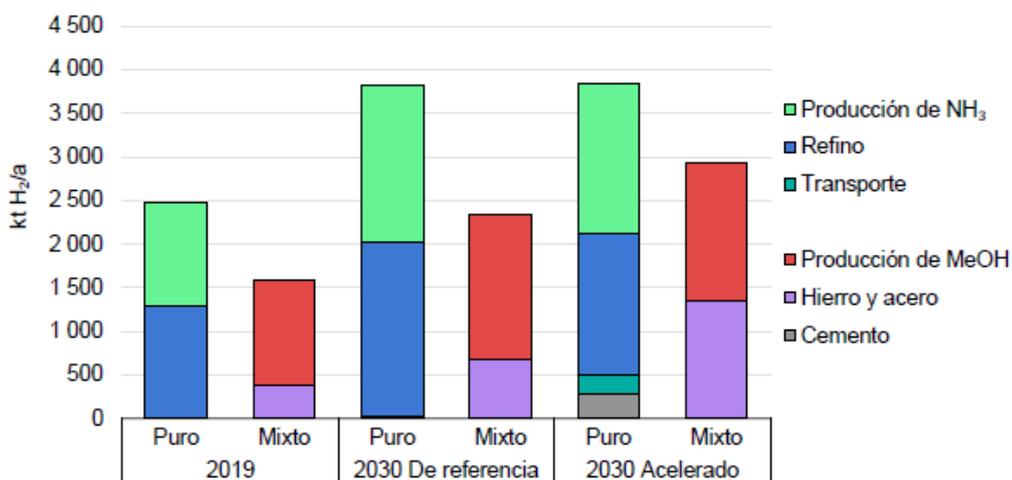


Figura 2.17. Demanda de hidrógeno por aplicación en América Latina, 2019-2030.

Fuente: IEA, Hydrogen in Latin America.

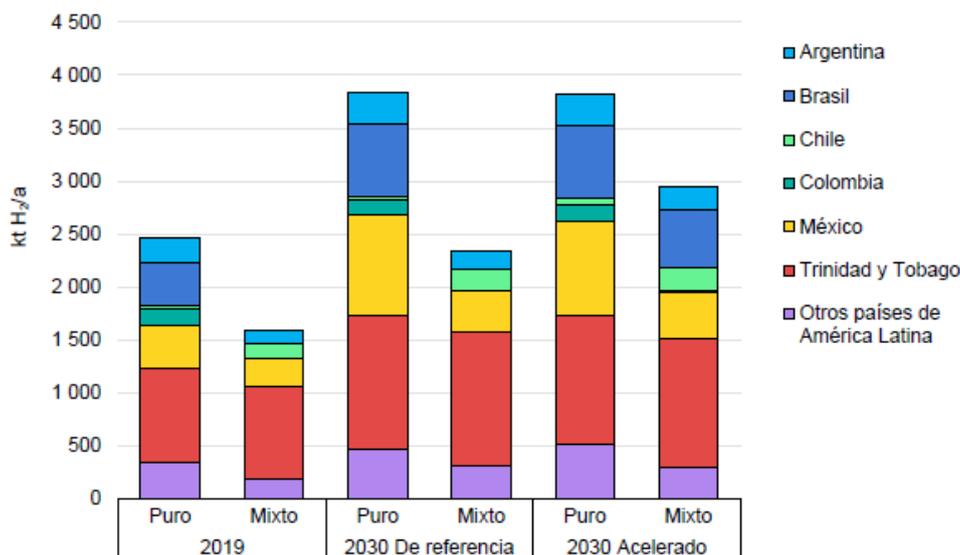
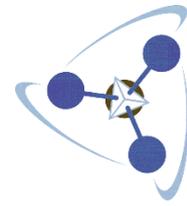


Figura 2.18. Demanda de hidrógeno por país latinoamericano, 2019-2030.

Fuente: IEA, Hydrogen in Latin America.

Sin embargo, los usos existentes del hidrógeno seguirán dominando la demanda en América Latina hasta el 2030, año en el que los nuevos usos en la industria y el transporte aún supondrán menos del 20 % de la demanda potencial total de hidrógeno. Estos usos existentes pueden integrar los crecientes porcentajes de hidrógeno de bajas emisiones de carbono, sustituyendo de este modo a las alternativas intensivas en emisiones y favoreciendo la producción de hidrógeno



de bajas emisiones de carbono a corto plazo, sin necesidad de una inversión adicional en infraestructura de uso final.

2.4.2.3. Demanda nacional

Según la International Energy Agency, la demanda de hidrógeno de Argentina ascendió a unas 350.000 toneladas en 2021, distribuidas a razón de dos tercios de hidrógeno puro y el tercio restante de hidrógeno mixto. Argentina es el único país de la región que presenta una demanda considerable de hidrógeno para las cuatro principales aplicaciones actuales del hidrógeno en el sector industrial: refinado de petróleo, producción de amoníaco, metanol y DRI. Prácticamente toda la producción se destina al autoconsumo (se produce urea principalmente) y sólo un 2% del hidrógeno producido es comercializado desde el puerto de Bahía Blanca, donde se encuentra la planta más grande. El hidrógeno producido proviene principalmente del gas natural y otros recursos no renovables, sin captura de CO₂.

En función de la información provista por la Figura 2.18, se estima que la demanda de hidrógeno para la Argentina, para el año 2030, será de aproximadamente 500.000 toneladas, tanto de hidrógeno puro como mixto. Este crecimiento representa un aumento del 42,8% de la demanda actual.

2.5. MERCADO PROVEEDOR

Uno de los principales usos de los metales del grupo del platino en la actualidad es la industria automotriz. Los catalizadores para motores de combustión interna utilizan tres de estos metales (platino, paladio y rodio) para limitar las emisiones de dióxido de azufre y óxido nitroso. El auge de los vehículos eléctricos alimentados por baterías reduce esta demanda. La industria del platino espera que el auge de los electrolizadores de membrana de electrolito polimérico y las celdas de combustible pueda compensar la pérdida de demanda de platino. Los electrolizadores de óxido sólido, que actualmente están a escala de laboratorio, pero prometen eficiencias que podrían reducir el consumo de electricidad, enfrentan una concentración de suministro aún mayor; casi el 95% de los materiales críticos utilizados en los electrolizadores de óxido sólido provienen exclusivamente de China (Figura 2.19). Lo mismo aplica a las pilas de combustible de óxido sólido.

Es importante señalar que los mercados de muchos de estos materiales son inelásticos en el corto plazo. Esto significa que un cambio relativamente pequeño en la oferta y la demanda puede dar lugar a grandes fluctuaciones de precios. En los últimos 20 años, por ejemplo, los precios han fluctuado en un factor de cuatro para el platino, un factor de 15 para el paladio y un factor de 70 para el iridio. Estas fluctuaciones de precios podrían repercutir en las cadenas de



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

suministro de hidrógeno y afectar el costo general de los equipos clave, como los electrolizadores, al tiempo que afectan los ingresos de los mineros y los exportadores de materias primas.

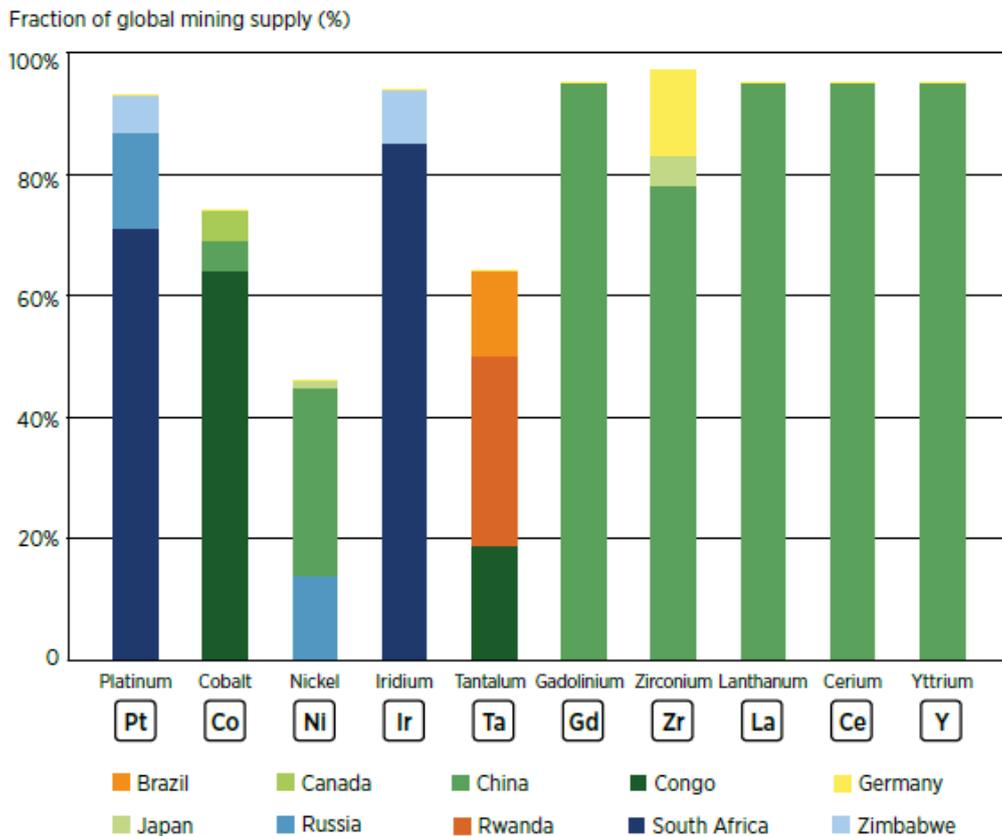


Figura 2.19. Principales productores de los materiales críticos de electrolizadores.

Fuente: IRENA Geopolitics Hydrogen 2022.

2.5.1. RECURSOS ARGENTINOS

Argentina se encuentra en una región donde los recursos necesarios para la producción del hidrógeno verde son excelentes, y, por lo tanto, el costo de producción podría estar entre los más bajos. El hidrógeno verde ya está en camino de lograr costos de U\$S 2-3 / kg en América Latina y África, según estima la empresa de gestión de riesgos DNV (Det Norske Veritas).

Si hacemos una caracterización de las alternativas de energías renovables explotables en nuestro país, podemos realizar la siguiente zonificación:

- La Región Patagónica presenta mayores velocidades de viento que la media, y expansiones de tierra potencial para la generación eólica (vientos superiores a 6 m/s). Esta información se desprende de los altos valores del Factor de Capacidad (FC, energía generada por unidad de potencia

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

nominal) que indican que los mismos podrían duplicar los promedios mundiales junto con el litoral Atlántico de la provincia de Buenos Aires, que también puede explotar la energía undimotriz (energía proveniente de las olas del mar).

- La provincia de Neuquén ve la posibilidad de integrarse en un mercado de exportación hacia Chile y el uso de hidrógeno para el sector de la movilidad. Estudios revelan que el consumo de “blends” de hidrógeno con gas natural es posible.
- La región del noroeste argentino (La Rioja, Salta, Jujuy) y el área montañosa del centro este de Argentina (Cuyo: Mendoza, San Juan y San Luis) tienen la mayor irradiación solar del país (1800-2200 kWh/m²).
- También presenta posibilidades para producir hidrógeno a partir de la biomasa forestal en la región del NEA y “biohidrógeno” en las zonas centrales (Córdoba, Santa Fe, Tucumán).

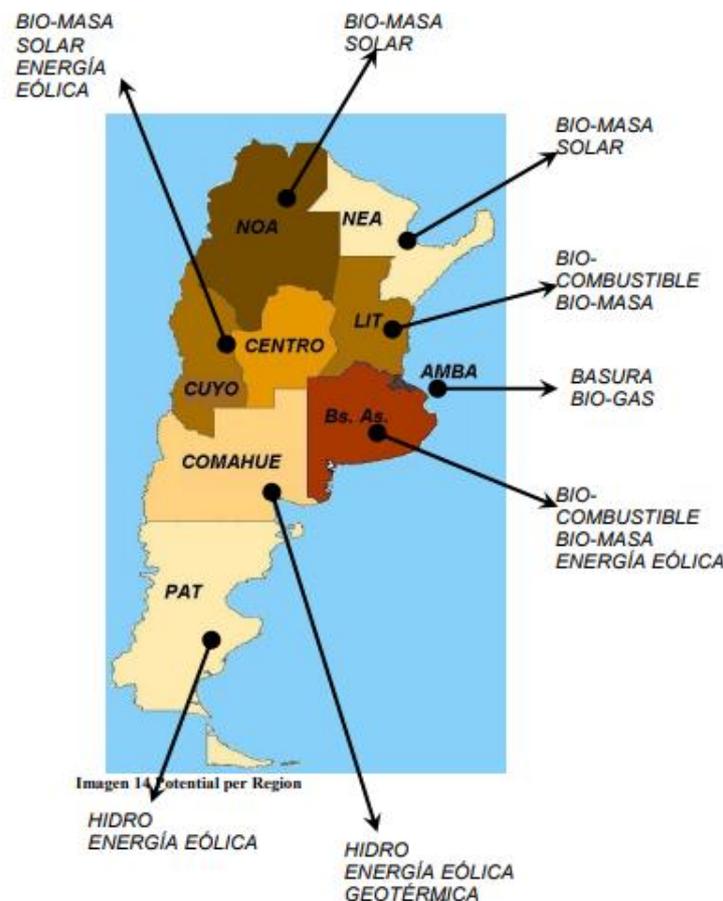
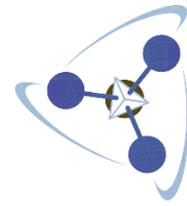


Figura 2.20. Potencial por región de energías renovables en Argentina.

Fuente: Global Energy Network Institute (GENI). 2009.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Lo anterior implica que en el país se cuentan con los recursos energéticos necesarios para la producción en cantidades en exceso de hidrógeno verde.

La oferta de biomasa, por su parte, está ampliamente extendida en toda la zona centro y noreste del país. La zona centro es muy relevante por la altísima generación de componentes orgánicos provenientes de la industria de procesado de alimentos, y residuos urbanos que surgen de la alta concentración poblacional de la zona. En la zona noroeste y litoral, asimismo, también es relevante la generación de biomasa derivada de la actividad forestal.

Por otro lado, Argentina tiene una extensa disponibilidad de recursos para la producción de biocombustibles, entre los cuales sobresale la producción de biodiesel a partir de aceite de soja, etanol de maíz y etanol de caña de azúcar, que podrían ser aprovechadas para la obtención de hidrógeno a partir del método de reformado de biocombustible, una tecnología en proceso de desarrollo y aumento de escala.

De esta forma, queda claro que a partir de dichos recursos naturales Argentina tiene capacidad para ser un jugador importante en el mercado mundial de hidrógeno, como oferentes tanto de hidrógeno azul como de hidrógeno verde. Como fue mencionado anteriormente, dada la estructura de costos del hidrógeno, el precio de la energía es el factor fundamental que determina su competitividad, a partir de lo cual, dada la amplia y diversa oferta de recursos renovables y no renovables, podremos obtener un hidrógeno que sea competitivo en términos internacionales.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Producción potencial de hidrógeno por departamento de Argentina. En toneladas anuales por kilómetro cuadrado.

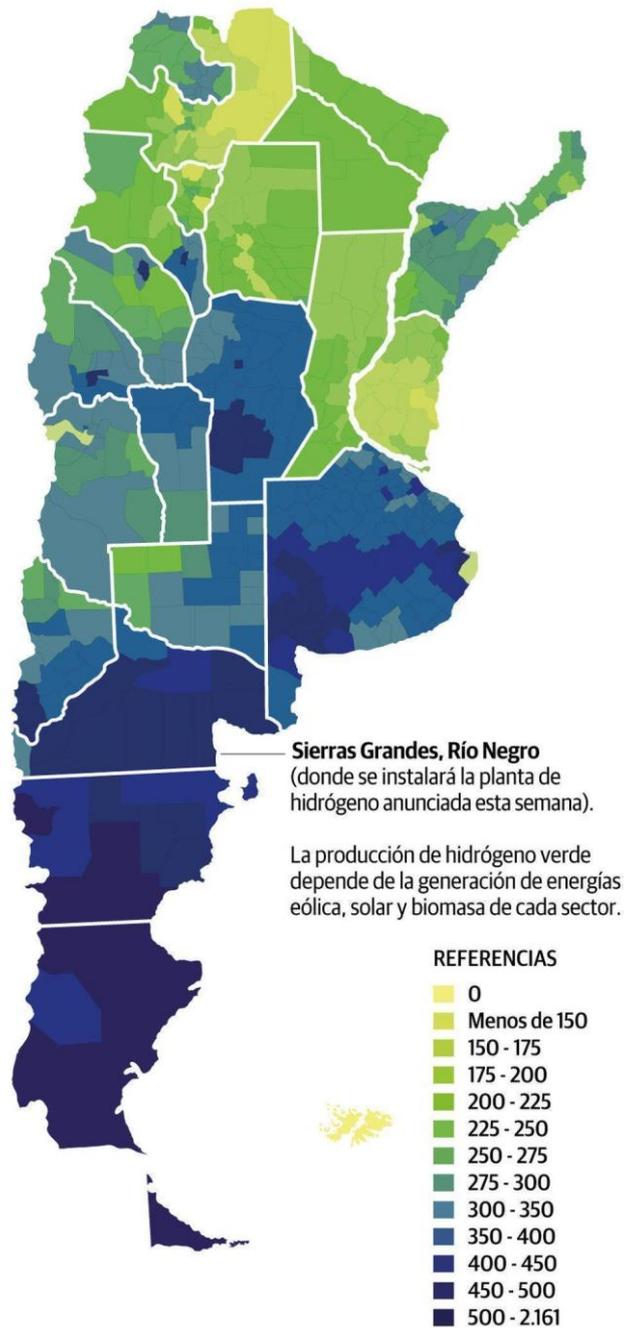
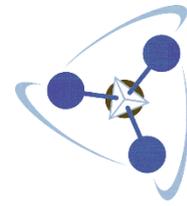


Figura 2.21. Producción potencial de hidrógeno verde por departamento de Argentina, expresado en toneladas anuales por kilómetro cuadrado.

Fuente: Estudio de Sigal, Leiva y Rodríguez, investigadores de la UNC.



2.6. MERCADO COMPETIDOR

Actualmente, según IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables, por sus siglas en inglés), para el año 2018 alrededor del 95% del hidrógeno mundial se producía a partir de combustibles fósiles, como son:

- A partir de gas natural, llamado “hidrógeno gris”, que representa un 48% del total,
- A partir del petróleo, también llamado “hidrógeno gris”, y que representa un 30% del total,
- Y a partir de carbón, llamado “hidrógeno marrón”, que representa un 18% del total.

Sólo un 0,1% de la producción estimada para dicho año proviene directamente de la electrólisis del agua. La causa de esta baja producción sostenible se debe a los precios. Se estima que el “hidrógeno verde” tiene un costo de producción entre 2,5 y 5,5 U\$S/kg, mientras que en el caso del “hidrógeno azul” (hidrógeno gris con captura y almacenamiento o uso del CO₂ resultante) es de 2 U\$S/kg, y el del “hidrógeno gris”, es en torno a 1,5 U\$S/kg.

El principal factor del alto costo del hidrógeno es el precio de la energía necesaria para su producción. En el caso del hidrógeno verde, el costo actual de los electrolizadores es de unos 900 U\$S/kWh. Su precio ha descendido un 60 % en la última década y se prevé que pueda descender hasta un 50 % o menos en 2030, y alcanzando, según las proyecciones utilizadas por la European Commission, un precio de menos 180 U\$S/kWh a partir de 2040.

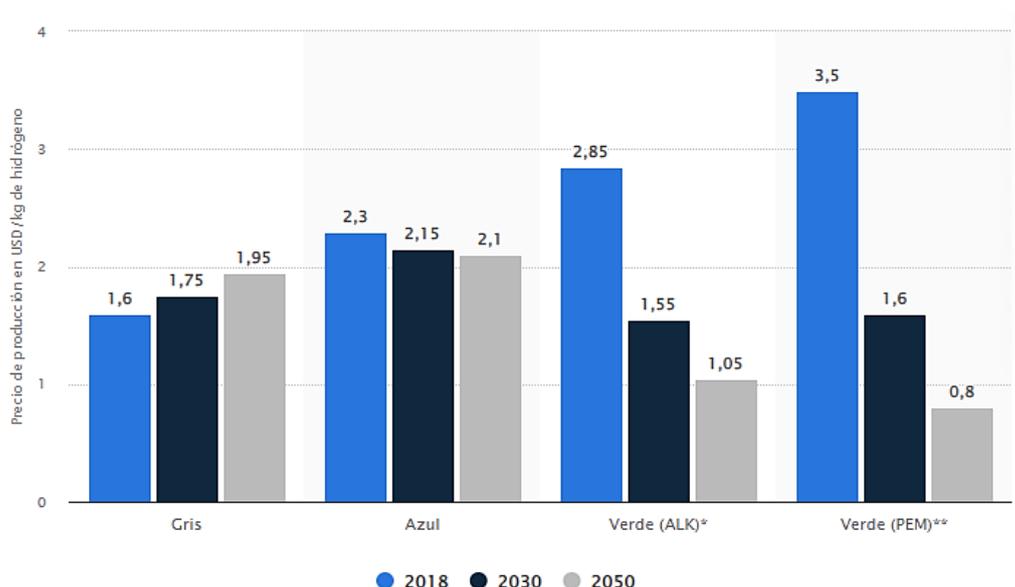


Figura 2.22. Evolución estimada del precio de la producción de hidrógeno para los años 2018, 2030 y 2050, expresado en dólares por kilogramo de H₂.

Fuente: Statista 2022.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

IRENA (2020), por su parte, argumenta que la caída del costo de las energías renovables y las mejoras tecnológicas en la producción de electrolizadores podría hacer que el hidrógeno verde fuera competitivo en 2030, alcanzando incluso niveles cercanos a 1,5 \$/kg H₂. Esto se lograría, además de a través de la caída en el precio de la electricidad, con un incremento del tamaño de los módulos de producción (p. ej., desde el tamaño típico de 1 MW en 2020 hasta unos 20 MW), que podría reducir el precio en hasta un tercio, y en economías de escala, mejora en la eficiencia del suministro de los materiales y un incremento en la vida útil de los electrolizadores.

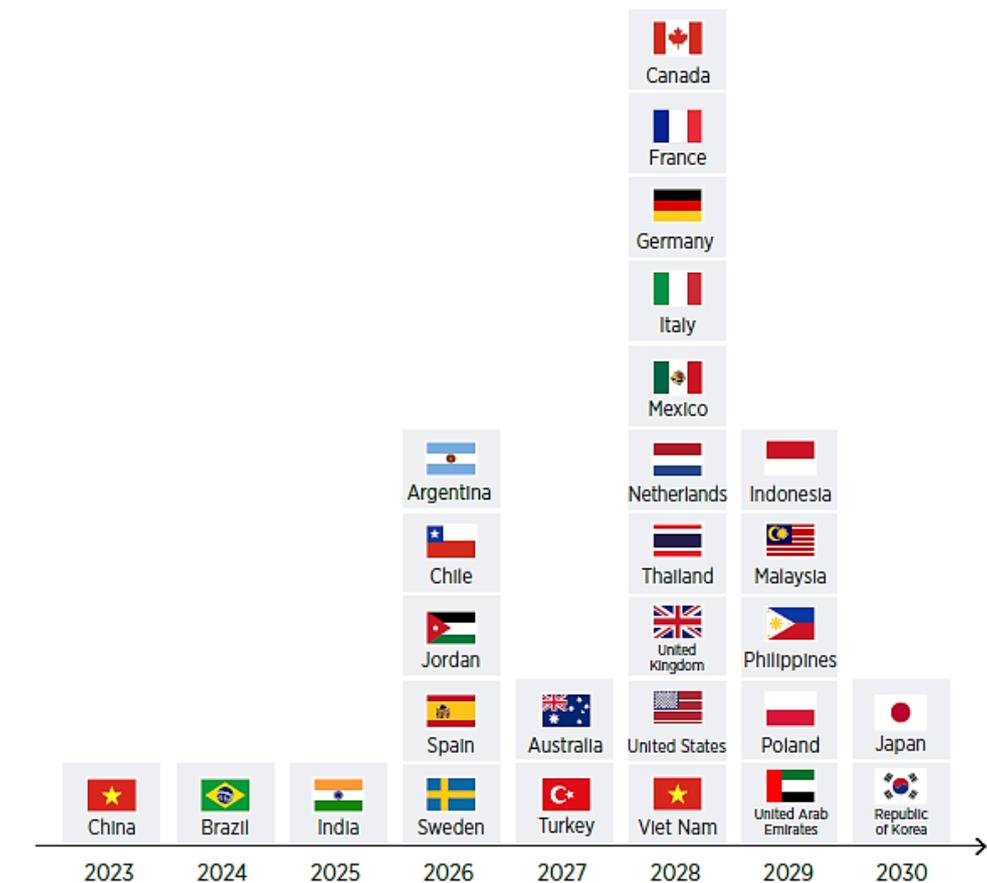
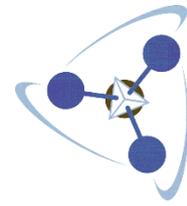


Figura 2.23. Países en los que el hidrógeno verde podría ser más barato que el hidrógeno azul, por año.

Fuente: BloombergNEF (2021).

Este costo del hidrógeno se puede trasladar a las aplicaciones donde el hidrógeno actúa como materia prima, caso de la producción de fertilizantes y otros productos químicos. El desarrollo de un mercado de hidrógeno puede afectar positiva o negativamente a los precios de estos productos.

Igualmente, el hidrógeno también puede emplearse para generar otros vectores energéticos. Puede combinarse con otros combustibles líquidos o gaseosos para



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

producir combustibles sintéticos, con usos como combustible para aviación, barcos o vehículos terrestres. La intensidad neta de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) de los combustibles sintéticos depende de la mezcla y de los procesos de producción y operación con ellos (por ejemplo, pueden existir fugas de metano). Las emisiones de partículas son similares a las de los combustibles fósiles tradicionales.

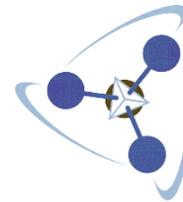
En resumen, tanto el hidrógeno verde como el azul están muy lejos de ser competitivos, a día de hoy, frente al hidrógeno gris. Su competitividad en el futuro dependerá, principalmente, de:

- El despliegue masivo de tecnologías renovables de bajo costo y de captura de carbono;
- Aumentar significativamente la escala de producción;
- El desarrollo de tecnologías para un uso neutro del CO₂ en su ciclo de vida.

Es debido a esto y también a los costos analizados en el Capítulo 11 “Evaluación Económica del proyecto”, que se decide establecer un precio de venta del hidrógeno verde de U\$S 7,5/kg, ya que, si bien excede el precio de venta con el que se trabaja en el mundo, dentro de Argentina se podría comercializar correctamente.

2.6.1. ESTIMACIONES FUTURAS

El impacto del hidrógeno limpio en el comercio mundial de energía debe evaluarse en el contexto de la transformación energética más amplia. El cambio de los combustibles fósiles a las energías renovables alterará fundamentalmente la naturaleza y la geografía del comercio de energía. El comercio de recursos energéticos se convertirá gradualmente en comercio de tecnologías energéticas y componentes y materias primas relacionados. Como resultado, el valor del comercio de combustibles fósiles disminuirá y el de la electricidad, el hidrógeno y los combustibles ricos en hidrógeno aumentará.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

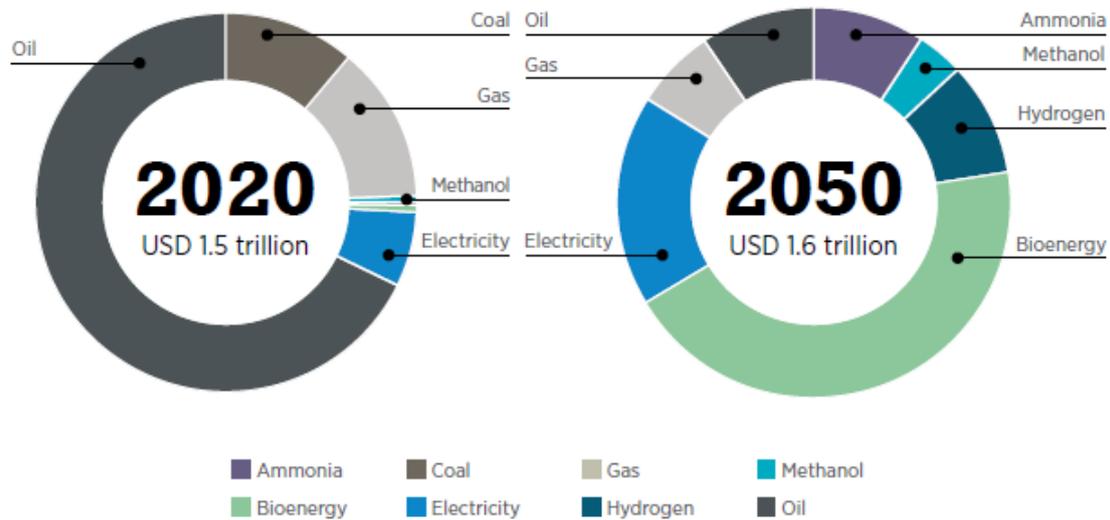


Figura 2.24. Cambios en el valor del comercio de materias primas energéticas, del 2020 a 2050.

Fuente: IRENA Geopolitics Hydrogen 2022.

Es probable que las relaciones energéticas se regionalicen, transformando así el mapa geopolítico. Las energías renovables podrían implementarse en todos los países, y la electricidad renovable se exportaría a los países vecinos a través de cables de transmisión.

Además, el hidrógeno limpio podría facilitar el transporte de energía renovable a largas distancias a través de oleoductos y transporte marítimo, desbloqueando recursos renovables que antes no se explotaban en lugares remotos. Sin embargo, impulsado por los costos de transporte, es probable que surja un mercado dual para el hidrógeno: un mercado regional, comercializado a través de oleoductos, y un mercado global para amoníaco, metanol y otros combustibles líquidos. En otras palabras, es posible que el hidrógeno acabe siendo comercializado en un mercado más diverso y regionalizado que los mercados del petróleo y el gas.

2.7. MERCADO DISTRIBUIDOR

2.7.1. ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO

2.7.1.1. Tanques a presión

La forma más convencional de almacenamiento del hidrógeno gas es a presión en botellas convencionales de acero o en tanques ligeros de fibra de carbono que han demostrado su capacidad de operar a presiones de 350 bar. En el caso de las aplicaciones de automoción, mientras que un almacenamiento a esta presión puede ser suficiente para la operación de autobuses, para turismos se requieren presiones más elevadas al objeto de reducir el volumen total del

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

tanque. La solución apunta hacia el uso de botellas de almacenamiento a 700 bar, pero todavía se encuentran en fase de demostración. No obstante, antes de poder comenzar la producción comercial de sistemas de almacenamiento de hidrógeno a alta presión, es necesario resolver un conjunto de aspectos entre los que está la seguridad, la resistencia (efecto de los ciclos de carga en la vida del tanque) y el coste, dado el alto coste actual de los tanques para alta presión y la penalización energética que supone la compresión hasta estos niveles. Así mismo, el hecho de que la forma ideal sea la cilíndrica hace difícil conformar el almacenamiento al espacio disponible en el vehículo.

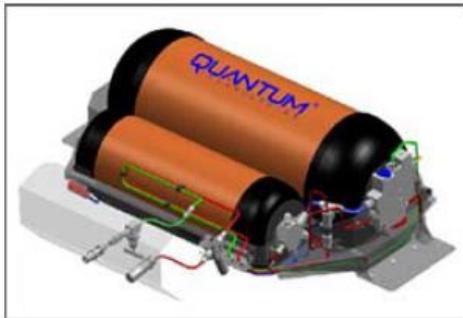


Figura 2.25. Tanques de Hidrógeno a presión - Disposición de tanques a presión en autobús.

Fuente: Toyota FCHV.

2.7.1.2. Microesferas de vidrio

Una alternativa al almacenamiento de hidrógeno gas, para aplicaciones de automoción, lo ofrecen las microesferas de vidrio. El proceso de carga del hidrógeno se realiza aprovechando la permeabilidad del hidrógeno a alta presión (350-700 bar) y temperaturas de 300°C en los huecos de las microesferas en un envase resistente a la presión. Una vez realizada la carga, el sistema se enfría hasta temperatura ambiente de forma que el gas queda retenido en las microesferas. A esta temperatura el tanque, así cargado, puede transferirse al vehículo. Posteriormente, para su uso, es necesario calentar la microesferas a 200-300°C para liberar el hidrógeno de forma controlada y alimentar el motor o la pila de combustible.

Los principales problemas que presenta esta técnica son la baja densidad volumétrica y las altas presiones de llenado. Así mismo, las temperaturas de liberación del hidrógeno son demasiado altas si se considera su uso en vehículos a pila de combustible tipo PEM, que opera en torno a 70-80°C. No obstante, ofrecen la ventaja de ser inherentemente seguras dado que el hidrógeno se almacena a bordo a baja presión y que es una técnica adecuada para tanques moldeables. Se ha demostrado una densidad de almacenamiento del 5,4 % en peso.

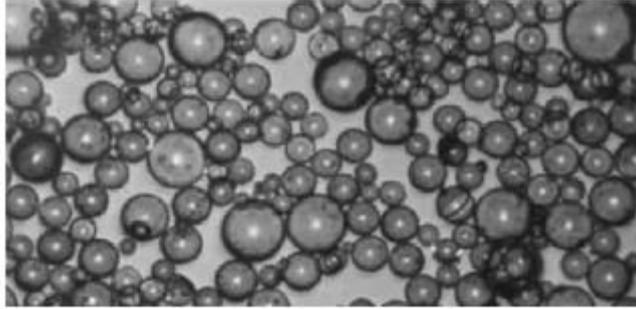


Figura 2.26. Vista de las microesferas de vidrio.

Fuente: Toyota FCHV.

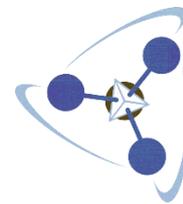
2.7.1.3. Hidrógeno líquido

El hidrógeno puede almacenarse en forma líquida a temperaturas criogénicas (-253°C). Como principal ventaja el hidrógeno líquido ofrece su densidad energética por unidad de volumen (muy superior a la del hidrógeno gas) incluso a relativamente bajas presiones. Sin embargo, también presenta importantes desventajas, aunque su uso en el sector automoción ya ha sido probado por algunos fabricantes importantes. Aproximadamente, en el proceso de licuación del hidrógeno se pierde del 30 al 40% de la energía. Además, existen pérdidas por evaporación en los periodos en los que no se utiliza el sistema y resulta imprescindible usar contenedores criogénicos altamente aislados.



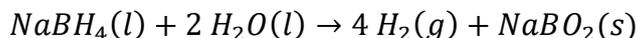
Figura 2.27. Tanque de almacenamiento de hidrógeno líquido.

Fuente: Toyota FCHV.



2.7.1.4. Otros sistemas de almacenamiento líquido

El uso de disoluciones de borohidruros es otra de las alternativas para el almacenamiento de hidrógeno en medio líquido. En este caso, el hidrógeno se libera a partir de una reacción de hidrólisis catalítica:



La densidad de almacenamiento teórica es de 10,9 % en peso. La principal ventaja que ofrecen estas disoluciones es que permiten una generación de hidrógeno a bordo del vehículo segura y controlable, mientras que la desventaja fundamental consiste en que el producto de la reacción (NaBO_2) tiene que almacenarse para ser descargado del vehículo y ser regenerado a NaBH_4 , en un proceso que no puede producirse a bordo.

Por otro lado, algunos líquidos orgánicos pueden utilizarse para almacenar indirectamente el hidrógeno en forma líquida. El concepto básico se resume en tres pasos: en primer lugar, el líquido orgánico se deshidrogena siguiendo un proceso catalítico para producir hidrógeno a bordo. En segundo lugar, el producto deshidrogenado se transporta desde el tanque del vehículo hasta una planta central de proceso, mientras se rellena el tanque con el líquido rico en H_2 .

Finalmente, es necesario re-hidrogenación del líquido deshidrogenado previamente para devolverlo a la estación de llenado. Un ejemplo típico es el caso del tolueno (C_7H_8) y el metilciclohexano (C_7H_{14}). Con esta técnica se alcanzan densidades de almacenamiento de 6,1 % en peso, pero presenta como principales desventajas, que el hidrógeno sólo se libera a altas temperaturas ($300 - 400^\circ\text{C}$) y que el uso de estos

2.7.2. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno puede ser transportado en diferentes estados de agregación y también en combinación con otros compuestos orgánicos, denominados “portadores de hidrógeno”, los cuales por medio de transformaciones químicas devuelven el hidrógeno que incorporaron en su estructura.

En función de las distancias a recorrer, así como la forma en que se transporta este elemento, existen diversos medios de distribución del hidrógeno que se adaptan a las distintas condiciones.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

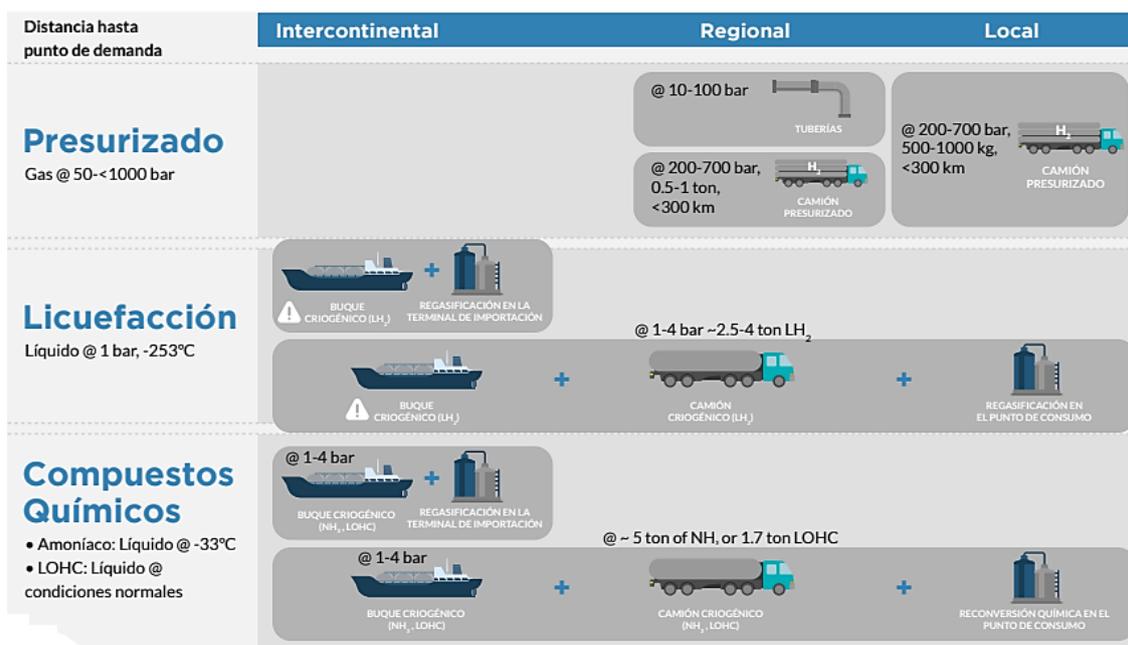


Figura 2.28. Transporte y distribución del hidrógeno en diferentes estados.

Fuente: BloombergNEF

2.7.2.1. Transporte de hidrógeno gas

El hidrógeno gas suele ir comprimido en depósitos entre 200-700 bar. Los depósitos convencionales de gas comprimido a 200-350 bar son de acero austenítico. Para presiones superiores, entre 400-700 bar se están desarrollando nuevos materiales compuestos de fibra de carbono y polímeros o bien de aluminio reforzado con fibra de carbono. Estos depósitos se pueden transportar por carretera en camiones, ferrocarril o barco. Los camiones tipo tráiler para gas comprimido tienen un alto coste variable debido al bajo volumen de hidrógeno que transportan y a la distancia a recorrer. En cambio, los gastos fijos son bajos y flexibles. Esto implica que cuando la distancia al lugar de uso final es grande (mayor de 1000 Km.), el hidrógeno se suele licuar y se emplean camiones cisterna criogénicos para su transporte. Así mismo, está establecida comercialmente la tecnología de transporte de hidrógeno por tubería, aunque no se hayan realizado redes de gasoductos para grandes distancias.

2.7.2.2. Gasoductos

Prácticamente todas las compañías de gases industriales operan alguna red de transporte por gasoducto para atender las demandas de sus principales clientes. Air Liquide opera una línea de transporte de 879 Km. situada en Bélgica, Holanda y Francia. Air Products y Praxair operan líneas de transporte en Estados Unidos con unas longitudes totales de unos 175 y 275 km. respectivamente. Los

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

conductos existentes tienen un diámetro de 25-30 cm y operan a presiones de 10-20 bar (aunque también se usan presiones de 100 bar). Los costes de inversión son función del diámetro de las tuberías (esto es aplicable tanto en el caso del hidrógeno como en el de gas natural), pero para transportar hidrógeno, como su densidad energética por unidad de volumen es aproximadamente un cuarto de la del gas natural, se necesita o bien una tubería de mayor diámetro o una mayor presión para suministrar la misma cantidad de energía. A igualdad de capacidad energética de la línea de transporte, el coste total de una línea para hidrógeno es del orden de seis veces el de gas natural.

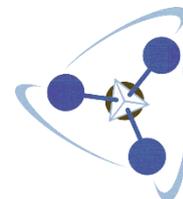
Aunque en general el hidrógeno no puede transportarse por la red de distribución de gas natural debido a incompatibilidad con los materiales comúnmente utilizados en los conductos (plásticos del tipo del polietileno), sin embargo, se están realizando estudios para utilizar algunas partes de la red de gas natural para transportar mezclas de hidrógeno y gas natural.

El mapa de los gasoductos de transmisión de gas natural existentes, como se muestra en la Figura 2.28, sugiere dónde podrían permanecer los enlaces transfronterizos potenciales, incluso con hidrógeno verde. Claramente, no todas las regiones están igualmente cubiertas por gasoductos de gas natural. Las densas redes de oleoductos en el este de Asia, Eurasia y América del Norte contrastan con las redes relativamente escasas de otros continentes y la ausencia casi total de dicha infraestructura en el África subsahariana.



Figura 2.29. Mapa global de gasoductos de transmisión de gas natural.

Fuente: IRENA Geopolitics Hydrogen 2022.



2.7.2.3. Transporte de hidrógeno líquido

Como se ha mencionado, en el proceso de licuación del hidrógeno se consume una gran cantidad de energía primaria que, dependiendo de la técnica seguida, puede situarse entre el 30 y el 40% del contenido energético del hidrógeno líquido. Los costes de la licuación son también muy altos, pero presentan una importante economía de escala, por tanto, a partir de un determinado volumen de producción, puede tomarse la opción de licuar. No obstante, para su transporte por camión o por barco, a largas distancias, es necesario tener en consideración que las pérdidas por evaporación pueden alcanzar unas cantidades entre el 0,2 y 0,4% del hidrógeno líquido por día. En el caso del transporte marítimo se requerirían barcos rápidos para limitar el impacto de estas pérdidas, aunque el producto evaporado pueda recuperarse y utilizarse para la propulsión del barco.

2.7.2.4. Estaciones de servicio

Dentro de la cadena del hidrógeno para aplicaciones de transporte, las estaciones de servicio son uno de sus componentes más importantes.

Hasta la fecha se han construido en torno a 100 estaciones de servicio en el Mundo. En general suministran el hidrógeno o bien a presión de 350 bar o licuado, y disponen o bien de sistemas de producción del hidrógeno in situ, fundamentalmente basados en reformado de gas natural o en electrólisis de agua, o bien reciben el hidrógeno desde plantas de producción centralizadas. No obstante, mientras no exista un mercado del hidrógeno como combustible con una demanda definida, podemos decir que el desarrollo de la infraestructura de estaciones de servicio presentará el problema clásico del “huevo y la gallina”. Parece lógico pensar que, inicialmente, el crecimiento del número de estaciones de servicio se basará en un sistema de producción distribuido en el entorno de núcleos urbanos que, en etapas sucesivas, se irán interconectando entre sí a la vez que enlazándose con plantas centralizadas conforme el crecimiento de la demanda lo justifique. En este proceso de nucleación y crecimiento probablemente se utilicen configuraciones de producción a suministro que, posteriormente, no tendrán sentido económico pero que habrán jugado su papel en el proceso (podría ser el caso de estaciones de servicio abastecidas a base de camiones con hidrógeno líquido).

Asimismo, el tipo de técnica de producción y la forma en que se dispense el hidrógeno (gas o líquido) dependerá, en última instancia, de lo que consuman los vehículos que lleguen a repostar. Hasta el momento presente, la mayor parte de los proyectos de demostración se corresponden con vehículos que consumen hidrógeno gas y, solo unos pocos, hidrógeno líquido.

En las primeras etapas, las flotas de vehículos que operen en entornos urbanos (autobuses, furgonetas de reparto) o los vehículos multi-fuel (por ejemplo,



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

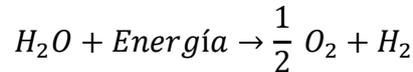
vehículos híbridos a hidrógeno y gasolina), jugarán un importante papel en esta evolución hacia un ciclo virtuoso auto-sostenido en el que más infraestructura creará más demanda de hidrógeno y, ésta a su vez, la necesidad de una mayor infraestructura.



3. SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

3.1. PROCESO DE ELECTRÓLISIS

La reacción básica de electrólisis o disociación del agua se representa a través de la siguiente ecuación:



Las tecnologías de electrólisis han llegado a su mayor desarrollo comercial en esta última década y actualmente existen, principalmente, tres tipos de electrolizadores que difieren entre ellos en el material de electrolito utilizado.

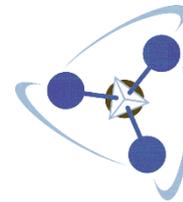
De mayor a menor madurez tecnológica, se ordenan en:

- Electrolizadores alcalinos (AEC);
- De membrana de intercambio de protones (PEM);
- De estado sólido o de alta temperatura (SOEC).

Para optimizar sus características y rendimientos, hay varios parámetros, aparte del propio diseño o configuración de celda, que los diferentes fabricantes procuran mejorar, básicamente con el uso de distintos materiales catalíticos en los electrodos, como son:

- La eficiencia faradaica, para asegurar la utilización de la corriente eléctrica inyectada en producir hidrógeno y que no se produzcan otras reacciones indeseadas.
- Y la eficiencia energética en condiciones de trabajo de alta productividad, es decir, usando una alta densidad de corriente por unidad de área del electrodo para garantizar una alta productividad de hidrógeno, y una mínima polarización de celda, V_{cell} , que dé una máxima eficiencia energética electroquímica.

El aumento de temperatura en el rango de operación contribuye a disminuir V_{cell} , aunque también puede hacer disminuir la eficiencia faradaica. Los sistemas de electrolizadores ya comercializados están basados en las tecnologías AEC o PEM.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

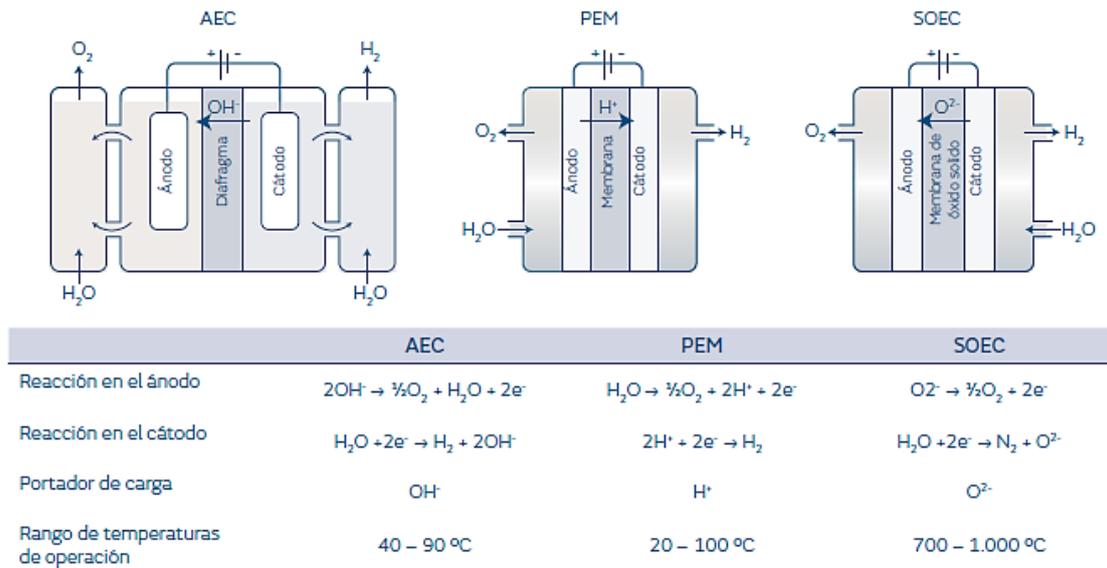


Figura 3.1. Esquema de funcionamiento y reacciones de diferentes tipos de electrolizadores.

Fuente: Libro Hidrógeno. Fundación Naturgy.

3.1.1. COMPONENTES GENERALES Y TIPO DE ELECTROLIZADORES

Independientemente del tipo de tecnología, todas cuentan con cuatro componentes básicos, cuya función es definida:

- Electrodos

En los electrodos se llevan a cabo las reacciones electroquímicas que permiten transformar la energía eléctrica en energía química. Cada electrodo es alimentado de forma continua por uno de los reactivos, los cuales intercambian iones a través del electrolito y también electrones, por medio del circuito eléctrico externo que une a ambos electrodos.

En el ánodo se produce la oxidación de los reactivos, con la consecuente liberación de electrones, y es el que se encuentra conectado al terminal positivo de la batería o fuente de corriente; mientras que en el cátodo se produce la reducción del otro componente de la reacción, y se encuentra conectado al terminal negativo de la fuente o batería. Como podemos deducir, en estos electrodos se llevan a cabo reacciones en las que intervienen gases, especies acuosas y la propia superficie sólida del electrodo. Para que esto pueda suceder, es necesario que el electrodo tenga una elevada porosidad, lo que provee una gran zona de reacción con la menor interferencia para el ingreso de los reactivos y la salida de los productos. Además, se requiere que el electrodo posea una elevada conductividad eléctrica, para así poder permitir el intercambio de



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

electrones con el circuito externo. Por último, en los electrolizadores cuyo electrolito es líquido, es importante que el electrodo sea hidrófobo de modo que el electrolito no penetre en todo su volumen e impida así el transporte de los reactivos a los sitios activos.

También debe hallarse presente dentro de los electrodos el electrocatalizador, responsable de que se produzcan las reacciones de óxido-reducción de los electrodos. Suelen utilizarse metales nobles, aunque esto depende del tipo de equipo.

Finalmente, otro elemento importante es la capa difusora de gases, la cual es la encargada de distribuir homogéneamente los gases de forma tal que alcancen al electrocatalizador dentro de los electrodos. Además, tiene la misión de lograr el contacto eléctrico entre dicho electrocatalizador y las placas bipolares. Es por estos motivos, que la capa difusora debe ser porosa, hidrofóbica, químicamente estable y buena conductora eléctrica.

- Electrolito

Es el medio encargado de transportar los iones de un electrodo al otro. Además, sirve de separación entre los reactivos, para asegurar la reacción redox que debe ocurrir en cada electrodo. Este componente puede ser líquido o sólido.

- Fuente de corriente continua o batería

Es la encargada de suministrar la energía que se requiere para producir la ruptura de las moléculas, logrando así llevar a cabo un flujo de electrones en el sentido contrario al que se realizaría si la reacción fuera espontánea.

- Placas bipolares

Cuando se conectan electrolizadores en serie, cada celda consiste en un diafragma comprimido por ambos lados por dos electrodos. Los electrodos de celdas adyacentes se unen mediante un separador sólido metálico que separa la cavidad del hidrógeno de una celda actuando como cátodo, y la cavidad del oxígeno de la otra actuando como ánodo. Este tipo de configuración es la que se utiliza en electrolizadores que trabajan a sobrepresión, ya que les permite trabajar con mayores temperaturas y presiones.

El conjunto de múltiples celdas conectadas en serie es denominado comúnmente “stack”, y comprende, además de las celdas, a las placas bipolares, sellos, marcos, y a las placas finales (para evitar fugas y almacenar fluidos).

Por otro lado, se denomina “sistema” al conjunto de elementos que comprende: la salida de gases, el sistema de procesamiento de hidrógeno (purificador y compresor), la conversión de la electricidad de entrada (transformador y rectificador), y el tratamiento del suministro de agua (sistema de desionización, por ejemplo).

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

En la figura 3.2 se identifican los componentes anteriormente mencionados.

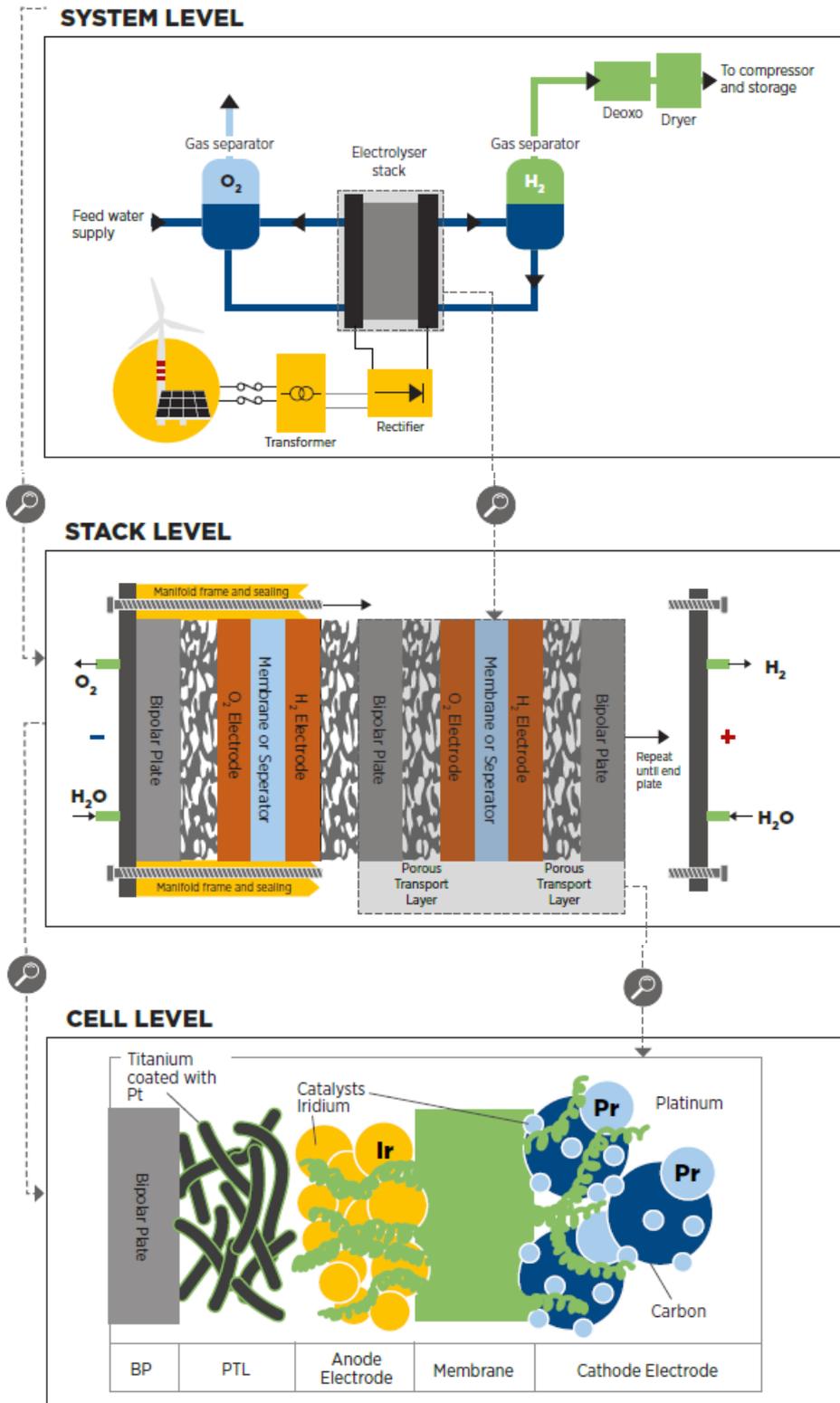


Figura 3.2. Componentes básicos de electrolizadores en diferentes niveles.

Fuente: IRENA Green Hydrogen Cost 2020.

3.1.1.1. Electrolizadores alcalinos (AEC)

Una celda AEC está compuesta por dos electrodos sumergidos completamente en un electrolito constituido por un 20-40% de hidróxido de potasio (KOH), y con un separador de diafragma microporoso. Se utiliza KOH en vez de hidróxido de sodio (NaOH) debido a su mayor conductividad. El gas producido que sale de la celda se separa del electrolito restante por fuera de la celda, y posteriormente se lo bombea de regreso. El líquido electrolito no se consume durante la reacción, pero debe reponerse con el tiempo debido a diferentes tipos de pérdidas.

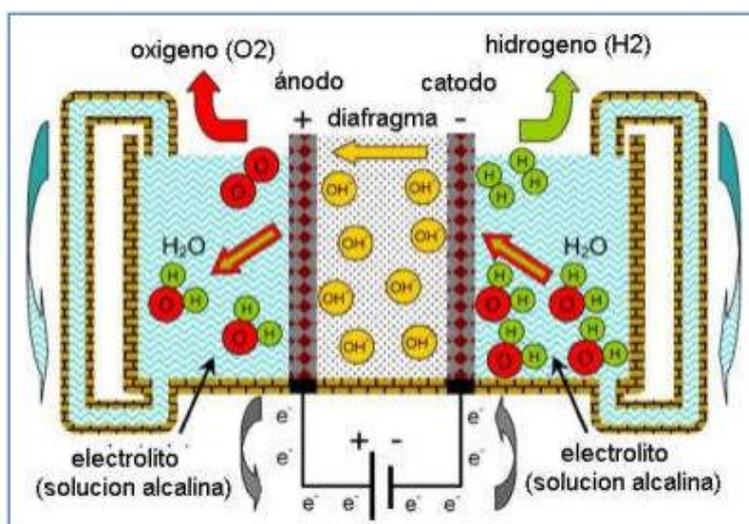
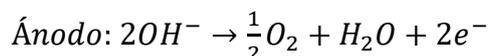


Figura 3.3. Esquema de electrolizador alcalino (AEC).

Fuente: Desarrollo de un modelo de funcionamiento de electrolizadores alcalinos autopresurizados, para la optimización de su sistema de control.

Las reacciones electroquímicas que ocurren en el cátodo y el ánodo están dadas por las ecuaciones:



El ánodo y el cátodo poseen un electrocatalizador constituido por un metal no noble, lo que disminuye su costo de construcción. La vida útil de este tipo de celdas está estimada en 90.000 horas de funcionamiento.

La conexión entre las celdas de electrólisis individuales que forman una pila puede hacerse en paralelo (electrolizador unipolar), o como una conexión en serie de células individuales adyacentes (electrolizador bipolar). Aunque los electrolizadores bipolares son más complejos y exigen una mayor precisión de fabricación, hoy en día se prefieren sobre los unipolares debido a sus pérdidas óhmicas significativamente más bajas. Esto se debe a que el flujo de electrones durante la electrólisis de una celda a la siguiente es a través de toda la placa

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

bipolar y, por lo tanto, las pérdidas óhmicas son mínimas. En el diseño unipolar, en cambio, el flujo de corriente está en la dirección longitudinal en los electrodos y por ello las pérdidas óhmicas son mayores.

En resumen, los electrolizadores alcalinos son la tecnología de mayor madurez y de menor costo de inversión desarrollada hasta la fecha para la producción de hidrógeno hasta el rango de 1 MW.

Sin embargo, debido a las características del electrolito utilizado, responde lentamente a la entrada de energía, lo que limita la eficiencia de la reacción electroquímica y, en consecuencia, produce bajas densidades de corriente, dando bajas producciones en comparación a otros tipos de electrolizadores.

3.1.1.2. Electrolizadores de electrolito de membrana polimérica (PEM)

Los electrolizadores PEM representan la segunda tecnología más importante de electrólisis de agua. Está menos desarrollado en comparación con los sistemas AEC. En este caso, la conexión de células individuales para formar una pila, se realiza exclusivamente en serie (electrolizador bipolar) mediante el método de construcción de filtro de prensa.

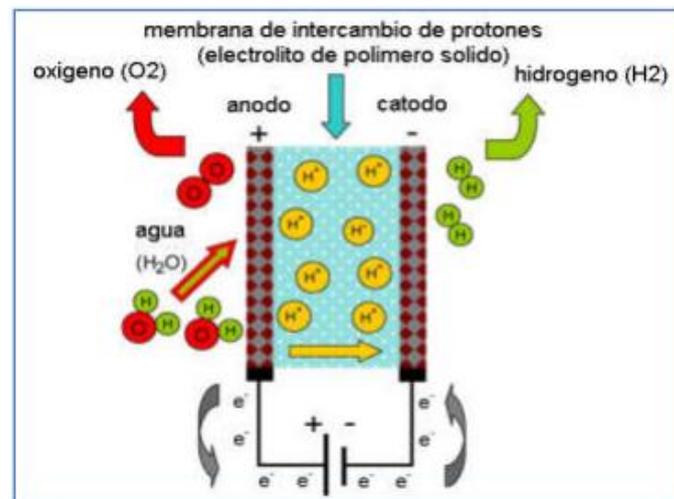


Figura 3.4. Esquema de electrolizador de electrolito de membrana polimérico (PEM).

Fuente: Desarrollo de un modelo de funcionamiento de electrolizadores alcalinos autopresurizados, para la optimización de su sistema de control.

En estos equipos, el electrolito es una membrana polimérica delgada, que no permite que se mezclen los gases, ni permiten la conducción electrónica. Posee una estructura similar al teflón, con cadenas laterales con unidades CF_2 y finalizada por grupos funcionales del ácido sulfónico (HSO_3^-), los cuales son los responsables de la capacidad de conducción del protón a través de ella. La membrana que más se ha utilizado es el Nafión®, producido por DuPont™.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

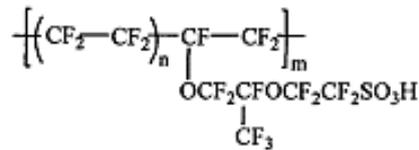


Figura 3.5. Estructura química del Nafion®.

Fuente: Efectos de la Membrana de Intercambio de Protones en el Desempeño de una Celda de Combustible H₂/O₂.

Los electrodos de este tipo de tecnología están constituidos por partículas nanométricas de platino (y otros metales nobles como el Iridio) soportadas sobre partículas de carbón. Este tipo de materiales, justifica el alto costo de adquisición de esta tecnología.

Las placas bipolares de estos equipos están construidas generalmente de titanio, aunque se están realizando esfuerzos para construirlas de materiales más económicos y así poder reducir los costos de estas placas. Actualmente, se está experimentando con placas de acero inoxidable recubiertas con niobio (Nb).

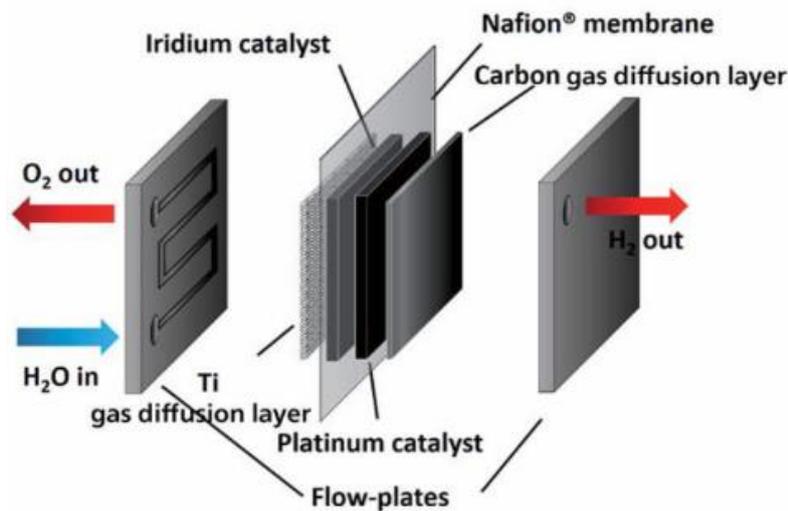
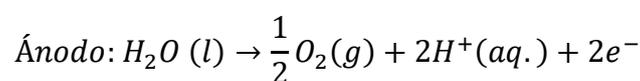
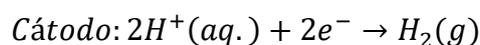
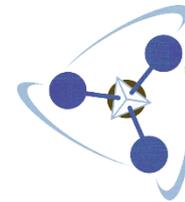


Figura 3.6. Estructura del ensamble de un electrolizador PEM.

Fuente: Membrane Water Electrolysis.

Se producen las siguientes reacciones:





“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Debido a la inexistencia de un electrolito líquido y todo el equipo asociado al mismo (bombas, separación de gases, etc.), un electrolizador de electrolitos sólidos generalmente permite un diseño de sistema más compacto.

Se estima que estos equipos tienen una vida útil de más de 80.000 horas de funcionamiento. Además, si bien se pueden alcanzar distintas eficiencias, un valor referencial podría ser de un 70% al 90%, pero se recomienda el 70% para que el equipo funcione de forma óptima.

Tabla 3.1. Ventajas y desventajas de electrolizadores PEM.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|
| Altas densidades de corriente alcanzadas debido a la delgadez de la membrana, que brinda buena conductividad de protones. | Alto costo de componentes, ya que la membrana de Nafión® es producida en el exterior y los electrodos tienen cubiertas de platino e iridio. |
| Rápido transporte de protones. | Baja durabilidad de los materiales si la celda se ha ensamblado de forma incorrecta o desprolija (torque excesivo, electrodos en contacto con membrana con bordes filosos, etc.). |
| Buen rango de carga parcial. La celda puede trabajar desde un 10% hasta un 100% de la potencia de entrada nominal. | |
| Diseño de sistema compacto debido a electrolito sólido. | |
| Alta pureza de gas producto (99,99%) debido a que no existe cruce de gases. | |
| Es más ecológico debido a que utiliza agua únicamente, y no otros químicos como en el sistema AEC. | |

Fuente: Desarrollo de un modelo de funcionamiento de electrolizadores alcalinos autopresurizados, para la optimización de su sistema de control.

3.1.1.3. Electrolizador de estado sólido o de alta temperatura (SOEC)

Una celda de electrolizador de óxido sólido o de estado sólido (SOEC) es una celda de combustible de óxido sólido que funciona en modo regenerativo para lograr la electrólisis del agua (y/o dióxido de carbono) mediante el uso de un electrolito de óxido sólido o cerámico para producir gas hidrógeno (y/o monóxido de carbono) y oxígeno. Este electrolito conduce selectivamente iones de oxígeno que se hayan cargado negativamente a altas temperaturas, y se encuentra formado generalmente por dióxido de zirconio (ZrO_2) dopado al 8% en moles de óxido de itrio (Y_2O_3), aunque existen otras conformaciones.

En estos equipos, el agua reacciona en el cátodo y se combina con electrones para generar el hidrógeno gaseoso, junto con iones de oxígeno cargados negativamente.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

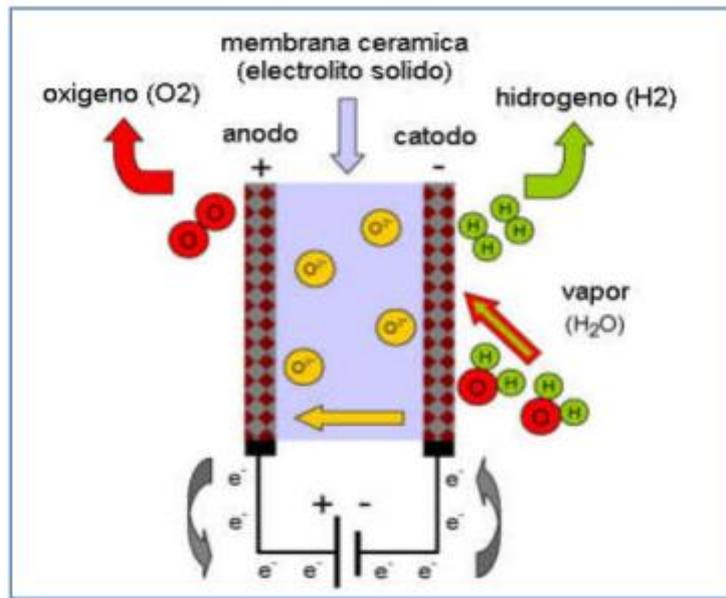
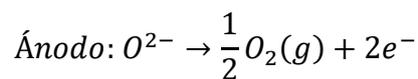
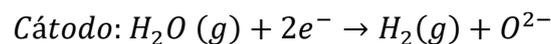


Figura 3.7. Esquema de funcionamiento de un sistema de óxido sólido (SOEC).

Fuente: Desarrollo de un modelo de funcionamiento de electrolizadores alcalinos autopresurizados, para la optimización de su sistema de control.

Las reacciones que se producen en este sistema son:



Debido a la acción del campo eléctrico aplicado, los aniones de óxido que se generaron en el cátodo pasan a través del electrolito sólido al ánodo, para recombinarse y formar oxígeno, liberando los electrones requeridos en el cátodo hacia el circuito exterior.

Trabajan en un rango de temperaturas del rango de los 650°C a los 1000°C. Estas condiciones son beneficiosas en términos termodinámicos debido al bajo voltaje de electrólisis que se necesita. Sin embargo, estas condiciones de trabajo afectan a la durabilidad de las cerámicas, y se requiere una fuente adicional de energía que permita alcanzar tales temperaturas.

De las tres tecnologías de electrolizadores nombradas, este sistema es el menos desarrollado y menos maduro, pero el que presenta mayor eficiencia energética.



Figura 3.8. Esquema de celda de electrolizador de óxido sólido prefabricada.

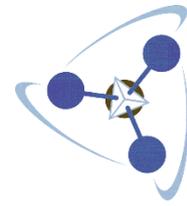
Fuente: Solid Oxide Electrolysis Cells - DTU Energy.

3.1.2. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR

Según lo redactado en el artículo “Multicriteria analysis of seawater electrolysis technologies for green hydrogen production at sea”, los aspectos más importantes para tener en cuenta en el momento de la elección del método de producción de hidrógeno son los siguientes:

- *Economía*: se requiere que la tecnología empleada sea de bajo costo, de modo que esta pueda competir con los diferentes métodos de obtención de hidrógeno en el mercado energético, y también con otras opciones energéticas.
- *Medio ambiente*: la tecnología empleada y la obtención del hidrógeno de esta forma deben brindar soluciones a problemas ambientales actuales, además de que este proceso no genere ningún impacto crítico en el ecosistema.
- *Social*: la operación requiere personal para operar la planta de producción de hidrógeno, por lo que los riesgos laborales del método elegido deben ser contemplados en esta decisión.

Estos criterios de selección están divididos en función de su importancia según parámetros sociales, medio ambiente, inversión, y costos de operación y mantenimiento, y se encuentran graficados en la Figura 3.9.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

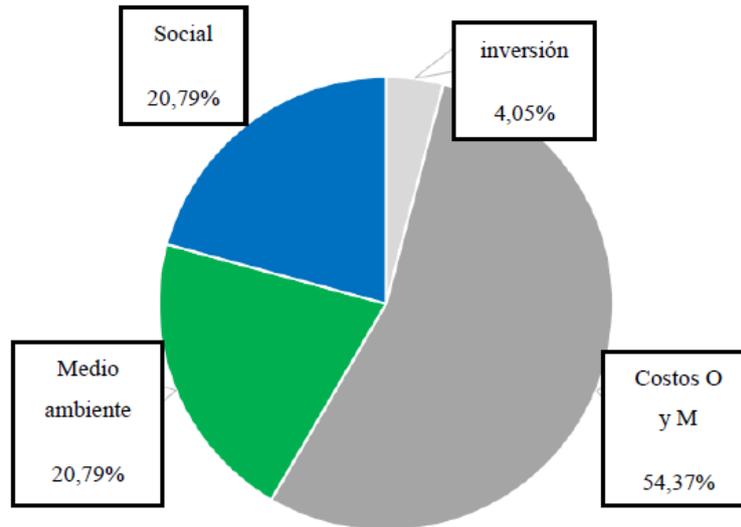


Figura 3.9. Diagrama estadístico de la importancia de los criterios para el desarrollo de una planta de electrólisis.

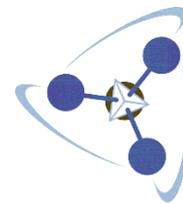
Fuente: Multicriteria analysis of seawater electrolysis technologies for green hydrogen production at sea.

Para tomar la decisión respecto al método de electrólisis que se implementará se recurre a un estudio realizado en el artículo anteriormente mencionado en este documento, en el cual se presentan matrices de decisión importantes con respecto a los tres métodos de electrólisis, permitiendo definir cuál será el más factible y con mayores beneficios, teniendo en cuenta el tipo de agua que se procederá a separar. A continuación, se presenta la matriz de decisión con los tres métodos implicados y los aspectos evaluados.

Tabla 3.2. Criterios de evaluación de las distintas tecnologías.

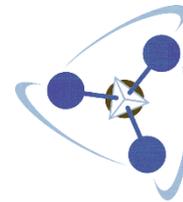
| Criterio | Regla | AEC | PEM | SOEC |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Inversión | Más barato es mejor | 500-1000 US\$/kW | 600-1300 US\$/kW | >2000 US\$/kW |
| Mantenimiento | Más barato es mejor | 10-60 US\$/kW*año | 18-65 US\$/kW*año | >65 US\$/kW*año |
| Tiempo de vida | Mayor es mejor | 60.000 - 90.000 hs | 30.000 - 80.000 hs | 10.000 - 40.000 hs |
| Resiliencia | Más es mejor | Muy buena | Muy mala | Muy buena |
| Energía | Menos es mejor | 170 MJ/kg a 350 bar | 170 MJ/kg a 350 bar | 135 MJ/kg a 350 bar |
| Dinámica | Más rápido es mejor | Rápida | Muy rápida | Lenta |
| Medio ambiente | Riesgo más bajo es mejor | Medio | Bajo | Bajo |
| Peligro | Menos peligroso es mejor | Medio | Muy bajo | Medio |

Fuente: Multicriteria analysis of seawater electrolysis technologies for green hydrogen production at sea.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- *Inversión:* Se contemplan aspectos como impuestos y permisos, los planos de diseño, la ingeniería civil requerida para la construcción de la planta, la estructura que se necesita, la adquisición de equipos y su instalación. Algunas tecnologías tienen aspectos específicos que pueden variar los costos de inversión.
- *Operación y mantenimiento:* En este parámetro se tienen en cuenta todos los mantenimientos que deben realizarse y los costos operativos. No se incluye el costo energético de la planta. Este parámetro también va ligado a unos aspectos muy importantes como lo es el tiempo de vida, la resistencia a impurezas, la energía específica para la producción de hidrógeno y la respuesta a cambios repentinos de corriente.
- *Tiempo de vida:* Hace referencia al tiempo de duración del electrolizador antes de hacer un cambio, operando a condiciones normales. Los fallos en el mantenimiento pueden reducir el tiempo de vida de los equipos.
- *Resistencia a las impurezas o resiliencia:* Relacionado con el desgaste que sufren los equipos ante la presencia de algún tipo de impureza en el agua de alimentación, ya que se afecta al proceso en general y se aumentan los costos de mantenimiento.
- *Energía específica para la producción de hidrógeno:* En los costos de operación y mantenimiento se excluye el costo de la electricidad, sin embargo, separar el agua para producir hidrógeno a través de electrólisis presenta una demanda energética. La reducción de esta energía influye mucho en el ahorro económico del ciclo de vida útil de la operación. Esta energía es medida bajo el principio de estado estacionario, ya que en estado transitorio es menor la eficiencia del proceso.
- *Dinámica:* La tecnología que se debe emplear también se debe medir por la capacidad de separación que esta tenga y en qué tasa esta puede llegar a separar, por lo tanto, se tiene este parámetro con el fin de determinar qué tan rápidos son los 3 métodos sometidos al análisis.
- *Medio ambiente:* La tecnología empleada y la obtención del hidrógeno de esta forma deben brindar soluciones a problemas medioambientales actuales, se debe tener en cuenta que este proceso no tenga ningún impacto ambiental sabiendo que el método empleado debe tener el más bajo índice de riesgo.
- *Respuesta a cambios repentinos de corriente o peligrosidad:* Este proceso en ocasiones suele ser muy variable, por lo que ocurren cambios repentinos en la corriente y esto afecta la estabilidad del proceso. Este problema se puede llegar a minimizar con el uso de capacitores que ayudan a que el efecto de la caída de corriente no sea tan brusco para el sistema y no se presenten esos problemas de estabilidad.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Después de examinar las ventajas y desventajas de los tres tipos de electrolizadores anteriormente descritos, se utilizará el electrolizador PEM debido a sus superioridades sobre los otros dispositivos: es de menor tamaño, soporta mayores densidades de corriente, no se utilizan químicos extras en el electrolito y asegura una alta pureza de los gases producidos.

Se realizó una investigación acerca del mercado de tecnologías PEM, a partir de la cual se seleccionaron 3 de las opciones encontradas para realizar un análisis más profundo de sus características. Estas tecnologías son de las marcas Siemens, Plug Power y Nel, y en la Tabla 3.2 se muestran las especificaciones técnicas más importantes a considerar.

Tabla 3.3. Tecnologías de electrolizadores PEM.

| Marca | Modelo | Potencia | Producción H ₂ | Consumo de agua |
|------------|-------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|
| Siemens | Silyzer 300 | 8,7-17,5 MW | 165-330 kg/h | 10 l/kg _{H₂} |
| Nel | M4000 | 18 MW | 442,4 kg/h | 10 l/kg _{H₂} |
| Plug Power | GenFuel 5MW | 5,5 MW | 90 kg/h | 9 l/kg _{H₂} |

Fuente: Estudio técnico y económico de una planta de producción de hidrógeno verde para exportación a países industrializados.

De las diversas tecnologías disponibles de electrolizadores PEM, se utilizará el Silyzer 300, fabricado por Siemens, debido a sus características constructivas y de funcionamiento, además debido a la disponibilidad de información existente.

Este electrolizador se encuentra distribuido en módulos. Un arreglo completo consiste en 24 módulos y produce 340 kg/h de hidrógeno, mientras que medio arreglo está constituido por 12 módulos y produce 170 kg/h. Adicionalmente, este equipo tiene la particularidad de que permite una operación intermitente.

Electrolizador SILYZER 300



Silyzer 300 – Module Array (24 modules)

Figura 3.10. Características y diseño del Silyzer 300.

Fuente: Siemens Energy.

Este equipo, además de contar con los módulos de electrolizadores, cuenta también con un intercambiador de calor a la entrada, que aumenta la temperatura del agua permitiendo así una mayor eficiencia del equipo. Además, incluye un refinador de agua, un transformador y un rectificador. A la salida del arreglo cuenta con un separador de agua y gas, un secador para retirar el agua y la humedad restantes del hidrógeno, y, por último, un sistema de purificación que se encarga de retirar las trazas de oxígeno que pudiesen haber sido arrastradas.

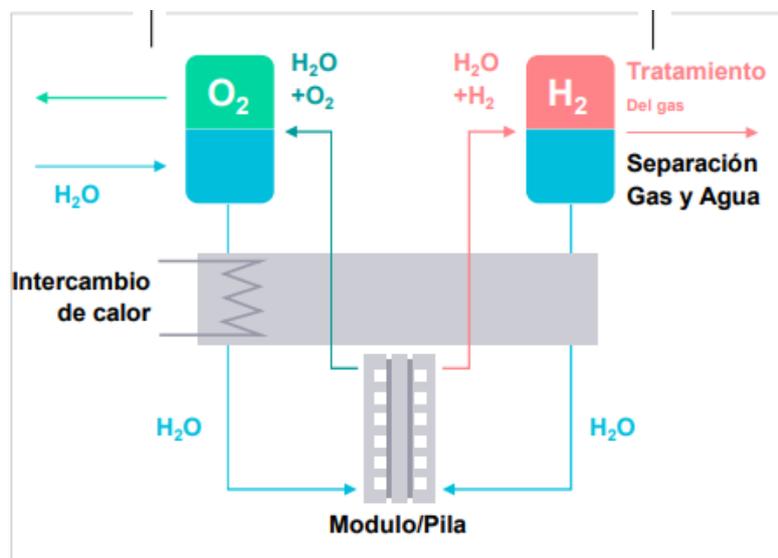
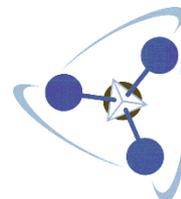


Figura 3.11. Esquema de funcionamiento del Silyzer 300.

Fuente: Siemens Energy.



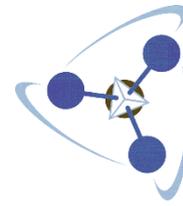
“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

En la Tabla 3.3 se pueden observar las especificaciones más relevantes de la tecnología Silyzer 300.

Tabla 3.4. Datos técnicos del Silyzer 300.

| | |
|---|----------------------------------|
| Producción electrolizador M_{teo} | 495 kg H ₂ /h |
| Potencia requerida P_{teo} | 26,2 MW |
| Eficiencia de la planta | > 75% |
| Dimensión de un arreglo | 15 x 7,5 x 3,7 m |
| Puesta en marcha | < 1 minuto |
| Presión de salida | 20 bar |
| Carga mínima | 20% de un módulo |
| Vida útil del sistema | > 20 años |
| Consumo de agua | 10 l/kg H ₂ producido |
| Calidad del gas seco | 99,999% |

Fuente: Siemens Energy.



4. TAMAÑO

4.1. INTRODUCCIÓN

La importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto se manifiesta principalmente en su incidencia sobre el nivel de inversiones y los costos que se calculen, y, por lo tanto, sobre la estimación de la rentabilidad que podría generar su implementación. De igual manera, la decisión que se tome respecto al tamaño determinará el nivel de operación.

Para este proyecto, el tamaño estará dado por la capacidad instalada de producción de hidrógeno, expresada en términos de toneladas producidas por año. La capacidad instalada es el volumen máximo de producción que se puede obtener con los recursos (dinero, equipo, personal, instalaciones) disponibles en el proyecto.

La determinación del tamaño responde a un análisis interrelacionado de las siguientes variables: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro de la empresa que se creará con el proyecto, entre otras.

La cantidad demandada proyectada a futuro es quizás el factor condicionante más importante del tamaño, aunque este no necesariamente deberá definirse en función de un crecimiento esperado del mercado, ya que, el nivel óptimo de operación no siempre será el que maximice las ventas. Aunque el tamaño puede ir adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder en forma oportuna a una demanda creciente en el tiempo.

En algunos casos la tecnología seleccionada permite la ampliación de la capacidad productiva en tramos fijos. En otras ocasiones, la tecnología impide el crecimiento paulatino de la capacidad, por lo que puede ser recomendable invertir inicialmente en una capacidad instalada superior a la requerida en una primera etapa, si se prevé que en el futuro el comportamiento del mercado, la disponibilidad de insumos u otras variables hará posible una utilización rentable de esa mayor capacidad.

4.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DEL PROYECTO

4.2.1. RELACIÓN TAMAÑO – FINANCIAMIENTO

La capacidad de financiamiento de un proyecto es un tema de actualidad en las finanzas empresariales. Luego de la identificación de las posibles fuentes de financiamiento para el proyecto, se detallan las diferentes alternativas:



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Fuentes internas: por capital propio, el cual es aportado al inicio por medio de los capitalistas y responsables del proyecto.
- Fuentes externas: se obtienen por fuera del proyecto, ya sea por medio del mercado de capitales, bancos, cooperación y desarrollo.
- Mercado de capitales: ofreciendo participación en el negocio (acciones, obligaciones, bonos).
- Bancos e Instituciones de Fomento: a través de la banca se pueden obtener créditos a corto, mediano y largo plazo, que presenten condiciones adecuadas a las características del proyecto. También por instituciones privadas en forma de créditos con proveedores y fabricantes de equipo.
- Cooperación para el Desarrollo: se puede obtener apoyo financiero a través de organismos internacionales que destinan recursos técnicos.

Si los recursos financieros son insuficientes para cubrir las necesidades de inversión el proyecto no se ejecuta, por tal razón, el tamaño del proyecto debe ser aquel que pueda financiarse con mayor comodidad y seguridad, y que en lo posible presente los menores costos y un alto rendimiento del capital.

La disponibilidad de recursos financieros que el proyecto requiere para inversiones fijas, diferidas y/o capital de trabajo es una condicionante que determina la cantidad a producir.

4.2.2. RELACIÓN TAMAÑO – PUNTO DE EQUILIBRIO

El punto de equilibrio es el tamaño mínimo requerido para el proyecto para no tener pérdidas en el ejercicio de la producción de los productos a elaborar. Por debajo de esta cantidad se estaría perdiendo dinero y el proyecto no sería rentable. A partir del punto de equilibrio se comienzan a percibir utilidades.

Este factor será analizado en capítulos posteriores, una vez determinada la estructura de costos del proyecto.

4.2.3. RELACIÓN TAMAÑO – CAPACIDAD DE INVERSIÓN

Está dada por la disponibilidad de recursos de inversión con los que se podrían contar para invertir en el proyecto, determinado por lo general por el costo de la maquinaria, equipos e instalación, capital de trabajo, entre otros.

Es aquí donde entra a tallar el índice de inversión por unidad de capacidad instalada, es decir el costo unitario de producción respecto a los diferentes tamaños de planta dada por la capacidad de la maquinaria y equipo.



4.2.4. RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO

Un factor importante en la determinación del tamaño es el mercado consumidor de nuestro producto, que pueden no ser sólo los del propio país, sino que cada vez más se incluyen a los mercados regionales e internacionales.

Es por ello que el tamaño óptimo depende, entre otras cosas, de las economías de escala que estén presentes en un proyecto. Al estar en presencia de un mercado creciente, esta variable toma más importancia, ya que deberá optarse por definir un tamaño inicial lo suficientemente grande como para que pueda responder a futuro a ese crecimiento del mercado, u otro más pequeño pero que vaya ampliándose de acuerdo con las posibilidades de las escalas de producción. El primer caso obliga a trabajar con capacidad ociosa programada, la que podría compensarse con las economías de escala que se obtendrían de operar con un mayor tamaño.

En el Capítulo 2 “Estudio de Mercado”, se analizó el comportamiento de la demanda de hidrógeno. Ésta crece de manera sostenida, pero con diferentes tasas, por lo cual se debe optar entre dos alternativas: satisfacer por exceso o por defecto la demanda.

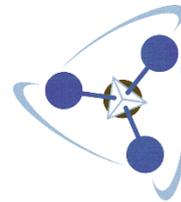
Debido a la excesiva demanda de hidrógeno en el país, sólo se define satisfacer un porcentaje de esta, ya que si no los costos para satisfacerla completamente harían este proyecto inviable económicamente.

4.2.5. RELACIÓN TAMAÑO – MERCADO PROVEEDOR

El abastecimiento suficiente, en cantidad y calidad, de materias primas es un aspecto de vital importancia en el desarrollo de una empresa, ya que limita la capacidad de uso del proyecto o aumenta los costos del abastecimiento. Aunque, no necesariamente la materia prima condiciona y/o limita el tamaño de un emprendimiento.

En el caso del presente proyecto, la materia prima crítica que debemos tener en consideración en el proceso productivo es el agua, ya que, como es de público conocimiento, es un recurso cuya disponibilidad es limitada. Es por ello que la cantidad disponible será un factor determinante para la selección del tamaño de la planta.

Además, en el caso de la obtención de energía, se debe considerar la disponibilidad de biomasa. Esto obliga a realizar esfuerzos que generen convenios que aseguren un abastecimiento para el funcionamiento de la planta.



4.2.6. RELACIÓN TAMAÑO – RECURSOS HUMANOS

Uno de los factores que se analizó en el Capítulo 5 “Localización” fue la disponibilidad de personal calificado para las tareas de instalación y producción de la planta.

La ubicación seleccionada para la empresa, San Antonio Oeste, cuenta con una oferta amplia de recursos humanos altamente capacitados, por lo cual esto no se convierte en un factor condicionante del tamaño de la empresa.

4.2.7. RELACIÓN TAMAÑO – TECNOLOGÍA

La determinación de la tecnología a utilizar es un factor de gran importancia, debido a que la selección de la misma permite la ampliación o no de la capacidad productiva que puede alcanzar el proyecto.

Las tecnologías utilizadas en este proyecto están constantemente siendo actualizadas y mejoradas, por lo que es importante que las empresas se mantengan actualizadas tecnológicamente si es que desean ser competitivas en el mercado.

Además, este tipo de industria se caracteriza por requerir, actualmente, grandes inversiones, principalmente debido a los altos costos de los electrolizadores. Generalmente, utiliza procesos continuos, en plantas que trabajan día y noche y que tienen que operar por arriba del 70% de su capacidad para ser rentables. Además, el costo de producción unitario se reduce al incrementar la capacidad de las plantas, hasta el límite que la tecnología permite.

Es por esto, que la tecnología utilizada permite aumentar la capacidad de la planta a través de la incorporación de nuevos electrolizadores, sin generar mayores complicaciones en lo que respecta a su instalación y puesta en marcha.

4.2.8. RELACIÓN TAMAÑO – MEDIO AMBIENTE

El impacto que pueda generar el proyecto sobre el medio ambiente, así como la necesidad de grandes equipamientos para realizar la mitigación de dichos impactos, es un factor muy importante que debe analizarse en el dimensionamiento de la capacidad de producción de la planta ya que se ve directamente influenciado con el tamaño de la planta.

En el capítulo 12 “Aspectos ambientales”, se presenta un estudio detallado de estos impactos, pero cabe resaltar que los mismos no son de carácter crítico. Por lo que, adoptando políticas con buenas prácticas de producción, el tamaño dejaría de estar directamente influenciado por el medio ambiente.



4.3. RESULTADO DEL ANÁLISIS

Del análisis de los factores enumerados anteriormente, se presume que los factores de mayor relevancia para la determinación del tamaño son la capacidad de inversión y la tecnología, ya que son los limitantes críticos en la decisión del tamaño de la planta.

Suponiendo que las condiciones son favorables, para determinar cuál será el tamaño de nuestra planta, se hará una comparación con proyectos pilotos del mismo rubro instalados actualmente en América Latina, a modo de referencia.

Tabla 4.1. Proyectos pilotos de producción de hidrógeno verde en Latinoamérica.

| Empresa | Tecnología | País | Capacidad | Potencia | Energía |
|-------------------------|------------|------------|----------------------|------------------------|----------------|
| Hychico | AEC | Argentina | 52 ton/año | 0,55 MW | Eólica |
| Ad Astra Rocket | PEM | Costa Rica | 0,8 ton/año | 5 kW | Eólica y solar |
| Enel Green Power y ENAP | PEM | Chile | 10 ton/año | 50 kW | Solar |
| Fortescue (proyectado) | | Argentina | 2,2 millones ton/año | 650 MW (primera etapa) | Eólica |

Fuente: IEA. Hydrogen in Latin America.

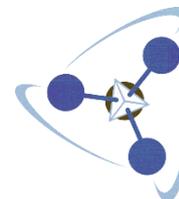
Como se puede observar, los proyectos pilotos que se encuentran funcionando y proyectados son muy diferentes entre sí, por lo cual es difícil utilizarlos de referencia para el diseño de nuestra instalación.

Es por ello que, considerando que la demanda actual de hidrógeno en Argentina es de 350.000 toneladas anuales y que los costos de inversión de los equipos son elevados, se establece que la planta contará con dos electrolizadores tipo PEM, de 24 módulos cada uno, que tendrán una producción individual de 340 kg/h, por lo que en conjunto sería de 680 kg/h. A lo largo del año serían 5.548,8 toneladas de hidrógeno verde producidas, que representan un 1,7% de la demanda actual y un 1,2% de la demanda estimada para 2030.

4.4. PROGRAMA DE PRODUCCIÓN

Basándose en la capacidad instalada previamente definida, la jornada laboral adquirida, el periodo de mantenimiento, entre otros, se prosigue a realizar la planificación del programa de producción.

Teniendo en cuenta que se trata de un proceso en que se establecen 24 horas de producción continua y que se considerará una parada al año para realizar



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

tareas de mantenimiento, sumando un total de 25 días no laborales. Se tiene como resultado la producción diaria que satisface la cantidad necesaria del producto.

$$\text{Producción diaria} = \frac{\text{Producción anual}}{\text{Días laborales}} = \frac{5548,8 \frac{\text{tn}}{\text{año}}}{340 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 16,32 \frac{\text{tn}}{\text{día}}$$

Tabla 4.2. Programa de producción propuesto.

| AÑO 2023 | | | |
|--------------|--------------|------------------|-------------------------|
| Mes | Días hábiles | Horas de trabajo | Producción mensual (tn) |
| Enero | 18 | 432 | 293,76 |
| Febrero | 28 | 672 | 456,96 |
| Marzo | 31 | 744 | 505,92 |
| Abril | 30 | 720 | 489,6 |
| Mayo | 31 | 744 | 505,92 |
| Junio | 30 | 720 | 489,6 |
| Julio | 31 | 744 | 505,92 |
| Agosto | 31 | 744 | 505,92 |
| Septiembre | 30 | 720 | 489,6 |
| Octubre | 31 | 744 | 505,92 |
| Noviembre | 30 | 720 | 489,6 |
| Diciembre | 19 | 456 | 310,08 |
| Total | 340 | 8160 | 5548,8 |

Fuente: Elaboración propia.

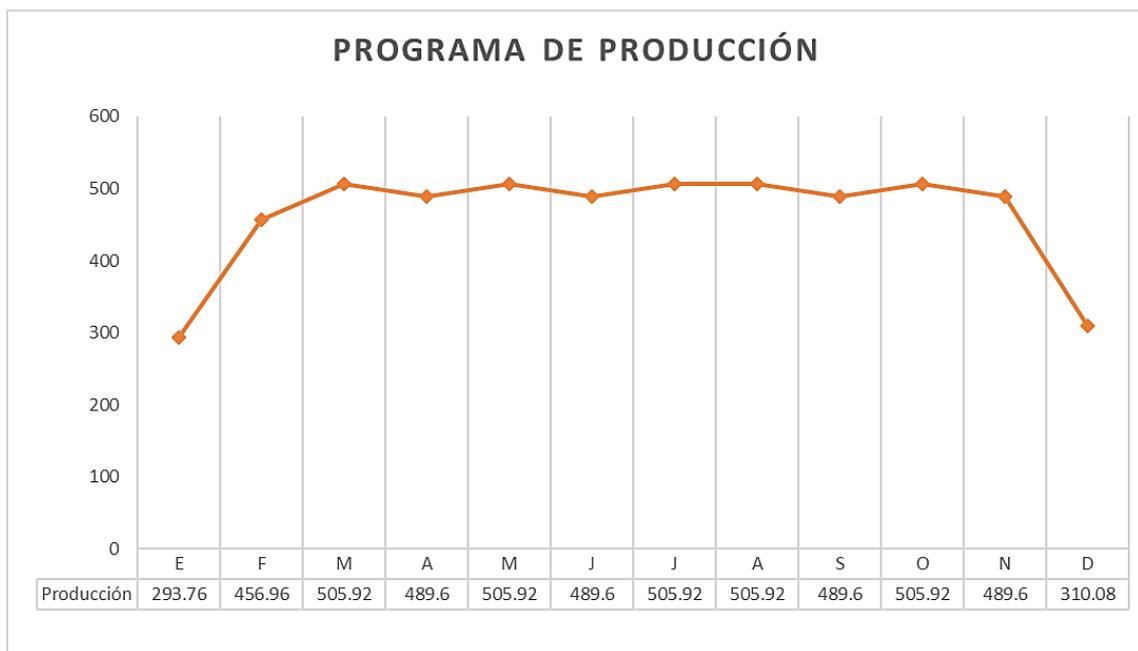


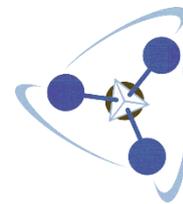
Figura 4.1. Programa de producción propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. CONCLUSIÓN

En el presente capítulo se observaron y/o analizaron los distintos factores que condicionan el tamaño del proyecto, destacándose en particular aquello que tienen mayor peso de decisión, como lo es la tecnología o la capacidad de inversión.

De los resultados del análisis, se determina que nuestro proyecto satisfecerá un 1,7% de la demanda actual de Argentina y un 1,2% de la demanda nacional estimada para 2030.



5. LOCALIZACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

La planta de producción de hidrógeno deberá ser emplazada tan cercana al mercado productor como sea posible, siendo esta la razón por la que debe analizarse la demanda del mercado consumidor a nivel local. En el desarrollo de este capítulo se realizará un estudio de las alternativas dando distintas valoraciones y ponderaciones a los factores relevantes, objetiva y subjetivamente, para finalmente lograr la mejor localización para llevar a cabo este proyecto.

Ha de tenerse en cuenta que la localización de la planta debe ser catalogada como un factor fundamental para la optimización de utilidades. El punto geográfico donde se vaya a emplazar la empresa, en una determinada localidad, municipio, zona o región es una decisión de carácter estratégico, dado que una mala decisión puede alterar notablemente el rendimiento del mismo, como también así la inserción del producto al mercado, la decisión dependerá de diversas variables que pueden favorecer o perjudicar la actividad económica presente y futura de la empresa.

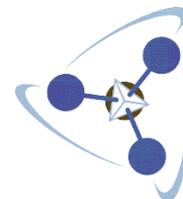
A la hora de la elección, en la locación concreta de la edificación, se deberá tener en cuenta la superficie, su distribución en planta, su costo y forma de adquisición (alquiler, compra, etc.), la reglamentación que puede afectarle, así como un eventual crecimiento de la empresa, planificado o no.

Generalizando, para determinar la localización de la planta, se tienen en cuenta dos aspectos muy importantes que son los costos y los ingresos, con el objetivo principal de minimizar los primeros y maximizar los últimos.

5.2. HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN

El primer análisis a realizar para elegir la localización más idónea para la planta, es determinar el arquetipo poblacional donde se va a ubicar. Para esto, es necesario realizar un estudio detallado de algunos factores, entre los que destacan:

- La proximidad al mercado y a los clientes, la distancia a las áreas de influencia.
- Dotación de servicios de la zona, como suministro de agua, vapor, luz, teléfono, entre otros servicios utilizados para la producción, así como de la infraestructura necesaria para el tipo de empresa que se vaya a colocar.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Las posibilidades de acceso a las materias primas y compradores, cercanía de los proveedores. Este factor facilita y reduce los gastos de aprovisionamiento derivados del transporte.
- La tasa de desempleo, disponibilidad de mano de obra calificada, posibilidades de subcontratación, posibilidades de capacitación de personal y de desarrollo humano entre otros.
- Las ayudas económicas y fiscales, las subvenciones y los incentivos municipales.
- Además, se deben valorar otros factores como el comportamiento del mercado al ingresar una competencia nueva, así como las estrategias de negocios desarrolladas por los establecimientos de la zona, es decir, la forma de competencia que deberá abordar.

El principal objetivo que persigue la localización de un proyecto es minimizar los costos de logística y optimizar la celeridad en la respuesta del servicio. Este análisis es de suma importancia y arroja consecuencias considerables a mediano y largo plazo, ya que una vez emplazada la empresa, no es sencillo (y comúnmente es inviable) cambiar la localización.

Teóricamente, las alternativas de localización de un proyecto son infinitas. Pero en realidad, el ámbito de elección no es tan amplio, pues las restricciones propias del proyecto descartan muchas de ellas.

En primer término, se considera localizar la planta dentro de Argentina. El objetivo fundamental de este emplazamiento es abastecer al mercado consumidor interno, promover la creación y desarrollo de un emprendimiento sustentable que contribuya a la generación de valor económico, social y ambiental para la comunidad.

Otro factor por el que se decide localizar la planta dentro del país, es que se cuenta con amplia disponibilidad de materia prima de alto perfil en cuanto a cantidad y calidad.

Los asentamientos industriales en el país en los últimos tiempos, responden a una política de desarrollo de determinadas áreas del territorio, para lo cual se han implementado numerosas medidas para favorecer su instalación; surgen así los parques industriales que, al estar dotados de infraestructura, servicios y urbanización, han facilitado la radicación de pequeñas y medianas empresas.

5.3. MACROLOCALIZACIÓN

La localización adecuada de la empresa, puede determinar el éxito o fracaso de un negocio.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Por ello, la decisión de dónde ubicar el proyecto obedecerá no solo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales, e incluso, de preferencias emocionales.

Con todos ellos, se busca determinar aquella localización que maximice la rentabilidad del proyecto.

5.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MACROLOCALIZACIÓN

Los factores que influyen comúnmente en la decisión de la localización de un proyecto, se analizan en este apartado:

- Medios y Costos de Transporte.
- Disponibilidad y Costo de Mano de Obra.
- Cercanía de las Fuentes de Abastecimiento.
- Factores Ambientales.
- Cercanía del Mercado.
- Costo y Disponibilidad de Terrenos.
- Topografía de suelos.
- Estructura impositiva y legal.
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.
- Comunicaciones.
- Posibilidad de desprenderse de desechos.

Existen además una serie de factores no relacionados con el proceso productivo, pero que condicionan la localización, a este respecto se puede señalar tres factores denominados genéricamente ambientales:

- La disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo (disponibilidad de asesores).
- Las condiciones sociales y culturales.
- Las consideraciones legales y políticas.

La mayoría de las nuevas industrias se establecen dentro de un área industrial, por las ventajas que trae aparejadas esta elección.

Un área industrial es un agrupamiento físico de empresas en un espacio determinado. Según las características, funciones u objetivos existen diferentes tipos de aglomerados. Entre los más conocidos se encuentran los complejos, polos, parques, zonas y áreas industriales.

- **Zona Industrial:** es un simple espacio reservado para la industria. Suele ser creado por ordenanza municipal motivado por criterios urbanísticos. Sus beneficios generalmente se vinculan con su situación respecto al transporte y del precio del terreno dentro de esta zona.
- **Área Industrial:** es un terreno mejorado, dividido en parcelas con miras a la instalación de industrias y que se ofrece a la venta o alquiler. Sus



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

beneficios, además de los anteriores, se vinculan a la posibilidad de aprovechamiento de economías de escala en la formación de infraestructura.

- **Parque Industrial:** es un terreno urbanizado y subdividido en parcelas, conforme a un plan general, dotado de infraestructura – carreteras, medios de transporte, etc.- y servicios públicos, que puede contar o no con fábricas construidas (por adelantado) y con servicios e instalaciones comunes necesarios para el establecimiento de plantas industriales.

Dentro de la Argentina, la ubicación preferencial del emprendimiento, quedará definida en alguno de los parques industriales.

La infraestructura, la seguridad y los beneficios impositivos son sólo algunas de las ventajas que presentan estos agrupamientos especialmente desarrollados para la radicación de industrias.

Los beneficios pueden dividirse en cuatro grandes ramas: fiscales, jurídicos, ambientales y de seguridad.

Entre los incentivos que tiene un parque industrial se encuentra:

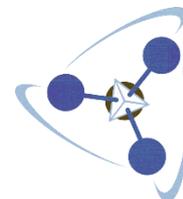
- Subvenciones de capital.
- Sistemas de crédito a largo y corto plazo y planes de locación – compra.
- Exoneración de impuestos.
- Terrenos de bajo costo.
- Tarifas de agua y electricidad subvencionadas.
- Subvención de fletes.
- Pago de los gastos de traslado.
- Simplificación de procedimiento.
- Uso de instalaciones y servicios de producción comunes.
- Suministro garantizado de materias primas y materiales intermedios.

En el territorio argentino, según el RENPI (Registro Nacional de Parques Industriales), la provincia de Buenos Aires cuenta con la mayor oferta de suelo industrial en parques, con más de 4100 hectáreas disponibles; seguida en magnitud por Río Negro con 1380, y luego por Entre Ríos con 1230 hectáreas aproximadamente.

Concluyendo, la localización más apropiada se decide en función de los datos obtenidos del análisis de tipo cualitativo, ya sea “por puntos” o por el “método de factores ponderados”, a fines del proyecto utilizaremos el método de Brown-Gibson (factores ponderados) como herramienta para el criterio de decisión.

Los factores globales analizados para decidir la macro localización son:

- Medios y costos de transporte de materia prima.
- Disponibilidad de recursos naturales.
- Disponibilidad y costo de mano de obra.



- Disponibilidad y costo de materia prima.
- Costo y disponibilidad de terreno.
- Disponibilidad de agua, energía y otros suministros.

5.3.2. ANÁLISIS DE LOS FACTORES A PONDERAR

5.3.2.1. Medios y costos de transporte

Las materias primas que debemos transportar son únicamente biomasa, representados por restos de podas de diversos cultivos, así como también restos de forestales. Estos se transportan en camiones hacia la planta.

Para calcular los costos de transporte de materia prima, se consultan los datos de las tarifas de la Confederación Argentina del Transporte Automotor de Carga (CATAAC):

Tabla 5.1. Costos de transporte para abril de 2022.

| Km | \$ | Km | \$ |
|----------------------------|---------|------|----------|
| 10 | 686,17 | 250 | 3541,06 |
| 20 | 835,36 | 300 | 4144,4 |
| 30 | 992,12 | 350 | 4551,47 |
| 40 | 1143,2 | 400 | 4772,09 |
| 50 | 1300,5 | 450 | 5090,99 |
| 60 | 1416,84 | 500 | 5611,47 |
| 70 | 1542,43 | 550 | 6222,23 |
| 80 | 1657,43 | 600 | 6733,9 |
| 90 | 1776,22 | 650 | 7189,62 |
| 100 | 1889,88 | 700 | 7685,22 |
| 120 | 2116,86 | 750 | 8185,91 |
| 140 | 2340,65 | 800 | 8646,96 |
| 160 | 2593,13 | 850 | 9050,73 |
| 180 | 2859,21 | 900 | 9518,49 |
| 200 | 2951,44 | 950 | 10096,83 |
| 225 | 3257,35 | 1000 | 10576,09 |
| Tarifa Estadia: \$16.468,2 | | | |

Fuente: Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas.

5.3.2.2. Disponibilidad de mano de obra

La mano de obra es un factor que no afecta a la localización de manera significativa, ya que las posibles localizaciones analizadas cuentan con mano de obra calificada para desarrollar los trabajos requeridos y que, por medio de la Federación de Sindicatos de Trabajadores de Industrias Químicas y



Petroquímicas de la República Argentina se fijan escalas salariales a nivel nacional, por lo que los costos de mano de obra son equivalentes en todo el país.

5.3.2.3. Disponibilidad y costo de materia prima

En cuanto a disponibilidad de materia prima, podríamos decir que el insumo más crítico para nuestro proceso será el agua. Como se indica en el Capítulo 6, el agua a utilizar será agua de mar, con el fin de no perjudicar a las poblaciones por el uso de agua dulce. Debido a esto, es necesario ubicar nuestra planta en una zona costera o lo más próxima posible al mar, para evitar construcciones de acueductos de grandes longitudes para poder acceder al mismo.

Por otra parte, la biomasa también es un insumo importante a tener en cuenta; sin embargo, no es tan crítica su disponibilidad como en el caso del agua. En la siguiente figura se contempla la disponibilidad de biomasa en el territorio argentino, indicando aquellas zonas en que existe defecto o exceso del recurso.

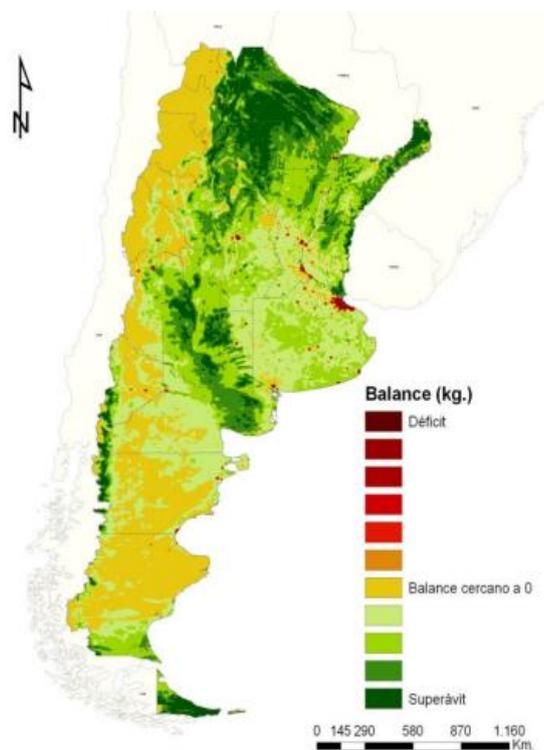


Figura 5.1. Distribución de biomasa en el territorio argentino.

Fuente: Global Energy Network Institute (GENI). 2009.

Así mismo, es necesario considerar una energía renovable complementaria a la producida por la biomasa para poder satisfacer la demanda de energía que requiere nuestro proyecto. Tal es así, que se debe tener en consideración

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

también la disponibilidad de recursos eólicos o solares en el lugar de emplazamiento de nuestra industria.

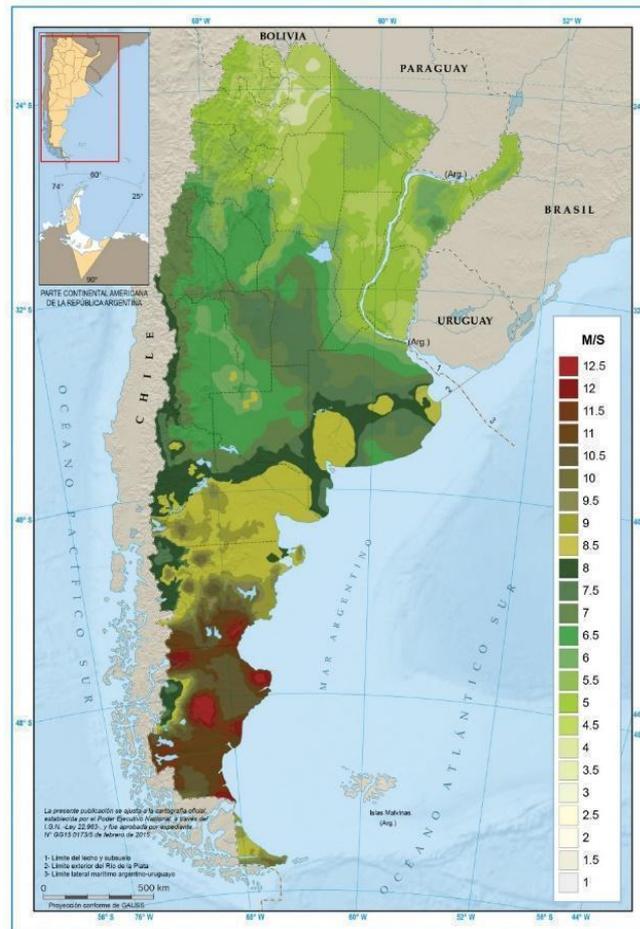


Figura 5.2. Velocidad del viento en el territorio argentino.

Fuente: Fundación YPF.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

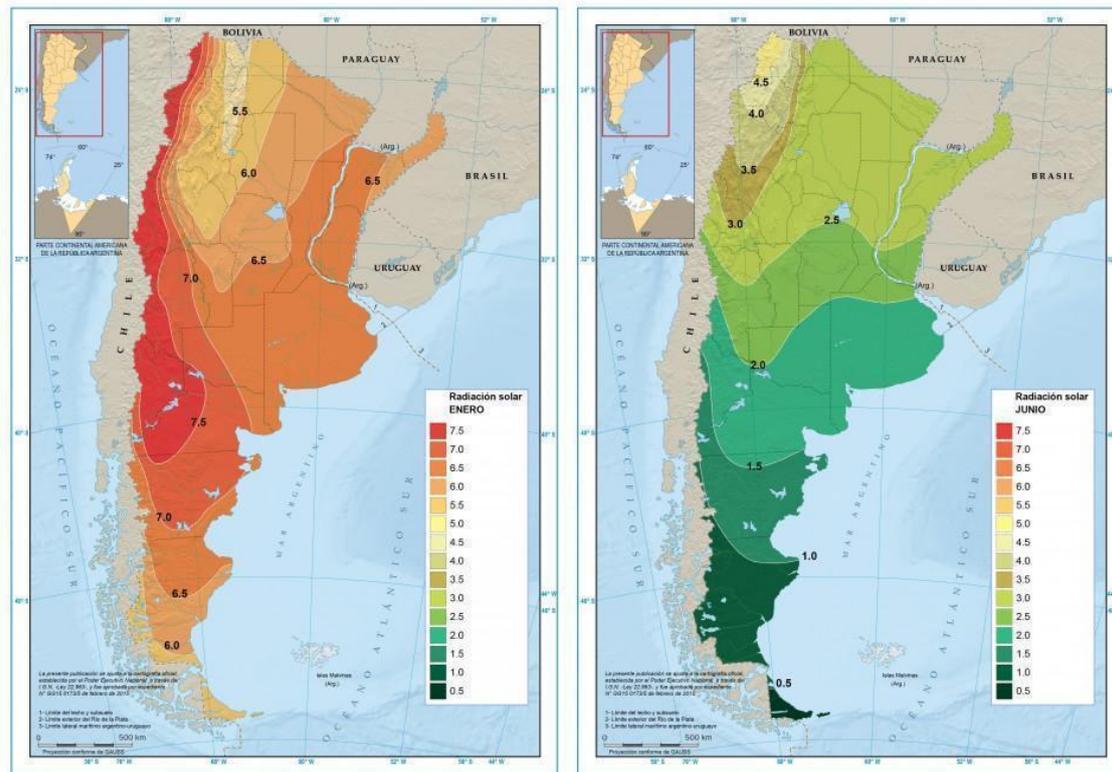


Figura 5.3. Mapa de radiación solar en el territorio argentino, en Enero (izquierda) y en Junio (derecha).

Fuente: Fundación YPF.

5.3.2.4. Cercanía al mercado proveedor

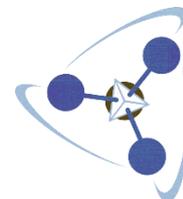
Debido al volumen de materia prima necesario, la cercanía a los mercados es fundamental, teniendo en cuenta los costos de transporte principalmente, por lo que hay que definir quiénes serán los potenciales proveedores.

5.3.2.5. Cercanía al mercado consumidor

En cuanto al mercado consumidor, la empresa produce hidrógeno gaseoso almacenado en tanques depósitos, que luego será procesado para su posterior transformación en distintos productos. Se analizará para el mercado nacional, aunque si luego se quisiera proyectar a un mercado internacional debe tenerse una cercanía al puerto relativamente alta.

5.3.2.6. Disponibilidad de terrenos

Buenos Aires cuenta con grandes áreas destinadas a emplazamientos empresariales, y también con numerosos parques y zonas industriales en varias



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

de sus jurisdicciones lo que ofrece una amplia posibilidad de elección, incluyendo además la variabilidad en el costo de estos.

Río Negro cuenta con 13 parques industriales destinados a diversas actividades, los cuales presentan un 77% de su superficie disponible para su ocupación. En algunos de ellos aún no se han instalado industrias.

Entre Ríos es el segundo, a nivel nacional, en disponibilidad de hectáreas en parques industriales. Particularmente Gualeguaychú, por su ubicación geográfica, es la entrada obligada a los países que conforman el MERCOSUR.

5.3.2.7. Disponibilidad de servicios

Tanto las políticas económicas como los servicios necesarios para el normal funcionamiento de una empresa facilitan el desarrollo de la industria en la zona.

Las áreas industriales analizadas proveen a todas sus compañías de estos beneficios. Por lo que no existen diferencias significativas entre las distintas localizaciones a analizar.

5.3.3. MATRIZ DE PONDERACIÓN

Una matriz de ponderación de puntos de aspectos cuantitativos es un método de análisis que permite asignar valores a una serie de factores que se consideran relevantes para definir la localización.

Este método no tiene como objetivo del estudio buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar determinarán la localización definitiva. Para llevar a cabo esta evaluación de localización, se definieron anteriormente los aspectos más significativos y su interrelación, determinando a cada uno de ellos un valor de importancia relativa a los fines del proyecto. Luego se realizó una escala cuyos valores van desde 1 (uno) a 10 (diez), asignándole una calificación a cada ítem, complementando con estadísticas que contrastan dichos valores. Dichos valores se suman, y dan como resultado una ponderación total para cada localización potencial, que se comparan entre sí para determinar cuál es la mejor opción.

Tabla 5.2. Matriz de ponderación de la macrolocalización.

| Factores | Peso relativo porcentual (%) | Buenos Aires | | Río Negro | | Entre Ríos | |
|---|------------------------------|--------------|-------|-----------|-------|------------|-------|
| | | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. |
| <i>Superficie disponible</i> | 12 | 10 | 1.2 | 10 | 1.2 | 9 | 1.08 |
| <i>Disponibilidad de recursos naturales</i> | 15 | 5 | 0.75 | 9 | 1.35 | 8 | 1.2 |
| <i>Disponibilidad de servicios</i> | 8 | 9 | 0.72 | 9 | 0.72 | 8 | 0.64 |
| <i>Disponibilidad de mano de obra</i> | 10 | 9 | 0.9 | 8 | 0.8 | 9 | 0.9 |
| <i>Beneficios promocionales</i> | 10 | 8 | 0.8 | 9 | 0.9 | 7 | 0.7 |
| <i>Cercanía al mercado proveedor</i> | 14 | 8 | 1.12 | 9 | 1.26 | 9 | 1.26 |
| <i>Cercanía al mercado consumidor</i> | 7 | 10 | 0.7 | 8 | 0.56 | 9 | 0.63 |
| <i>Estructura legal e impositiva</i> | 7 | 9 | 0.63 | 9 | 0.63 | 8 | 0.56 |
| <i>Cercanía al puerto</i> | 9 | 10 | 0.9 | 9 | 0.81 | 9 | 0.81 |
| <i>Disponibilidad de educación</i> | 8 | 9 | 0.72 | 9 | 0.72 | 9 | 0.72 |
| Total | 100 | - | 8.44 | - | 8.95 | - | 8.5 |

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.1. Factores a ponderar

- *Superficie disponible*: Se le da un peso relativo de 10% debido a que debe tenerse en cuenta una posible ampliación, debido a una variación de la cantidad producida.
- *Disponibilidad de recursos naturales*: como se indicó anteriormente, nuestro proyecto requiere de diversos recursos naturales como lo son la biomasa (principal), la energía eólica y el agua de mar, por lo que estos factores constituyen ítems críticos a la hora de seleccionar el lugar de emplazamiento de nuestro proyecto
- *Disponibilidad de servicios*: Es un factor muy importante, dado que sin ellos no se puede llevar a cabo el proyecto de manera “orgánica”, y habría una necesidad de realizar una inversión mayor en la instalación de los mismos.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- *Mano de obra disponible:* Al igual que los anteriores tiene un valor importante, dado que es necesaria la presencia de personal calificado (en muchos casos) para llevar a cabo ciertas tareas.
- *Beneficios promocionales:* Tiene un alto grado de ponderación dado que influye de manera directa en la utilidad del proyecto planteado.
- *Cercanía al mercado proveedor:* Es uno de los factores más importantes a tener en cuenta dado que influye en los costos y tiempos de aprovisionamiento, teniendo en cuenta el transporte necesario.
- *Cercanía al mercado consumidor:* Se asemeja mucho a la cercanía al mercado proveedor, dado que influye en los costos de transporte y el tiempo de entrega, en este caso.
- *Estructura legal e impositiva:* Es necesario tener en cuenta este factor para llevar a cabo cualquier proyecto.
- *Cercanía al puerto:* Su relevancia se basa en un posible crecimiento en la producción y los objetivos de la empresa.
- *Disponibilidad de educación:* Factor que se puede tomar como importante por dos motivos, como lo son el desarrollo de la vida de la familia de los trabajadores y las capacitaciones para los trabajadores propiamente dichos.

5.3.4. CONCLUSIÓN

Según el análisis realizado, el lugar seleccionado para emplazar nuestro proyecto en la provincia de Río Negro, destacándose de las otras localizaciones por la disponibilidad de recursos naturales, como biomasa, vientos y agua de mar.

5.4. MICROLOCALIZACIÓN

La localización específica o microlocalización, se determina al igual que la macrolocalización, por medio del “método de factores ponderados”.

La provincia seleccionada desde el análisis macro fue Río Negro, por lo que, a continuación, se examinarán las potenciales ubicaciones dentro de la provincia para definir el punto específico de localización de nuestro proyecto.

Dado que la provisión de materia prima dependerá de las zonas cultivadas y también del mar, se buscará determinar una localización óptima que permita colocar nuestra planta en un punto cercano al mar y cuya distancia hacia las zonas cultivadas sea la menor posible. A partir del análisis anterior, se investigarán las características de tres posibles microlocalizaciones, que



corresponden a los parques industriales de Viedma, San Antonio Oeste y Conesa.

5.4.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA MICROLOCALIZACIÓN

Los factores globales analizados para decidir la microlocalización son:

- Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos.
- Disponibilidad de servicios.
- Disponibilidad de acceso de transporte.
- Costo y disponibilidad de terrenos.
- Costo de transporte.

A continuación, se detallarán características de cada uno de los factores a analizar, y posteriormente se describirán las distintas localizaciones específicas seleccionadas.

5.4.1.1. Proximidad de materia prima y disponibilidad de recursos

Este factor es de suma importancia, mientras más próximos se encuentren los proveedores, menor será el costo de transporte. Como puede observarse, el costo de transporte de la materia prima depende de los kilómetros recorridos, por lo que la cercanía de los proveedores es una ventaja importante.





Figura 5.4. Superficies cultivadas de frutas de pepitas en la provincia de Río Negro.

Fuente: Plan Girsar Río Negro 2021.

5.4.1.2. Disponibilidad de servicios

Como la empresa estará emplazada dentro de un área industrial, la disponibilidad de servicios está presente.

5.4.1.3. Disponibilidad de accesos de transporte

La instalación debe contar con espacio suficiente para permitir el desplazamiento de camiones y otros medios de transporte, que permitan el ingreso y la salida, evitando gastos innecesarios de logística. En el caso de las áreas industriales seleccionadas, deberá analizarse si se cuenta con accesos asfaltados, por lo que, caso contrario, sólo hará falta una adaptación de los caminos sin pavimentar.

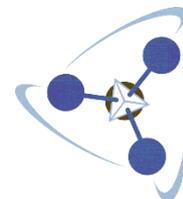
5.4.1.4. Costo y disponibilidad de terrenos

Este factor de análisis tiene una elevada importancia, dado que hay que tener en cuenta que las áreas industriales ya existen y que la ubicación dependerá del estudio que realicemos. Se observa que, mientras más alejados se encuentren las áreas industriales de la ciudad de Mendoza más económicos son los terrenos.

5.4.1.5. Costo de transporte

Como se describe en el apartado de macrolocalización, los costos de transporte dependen de los kilómetros recorridos, por lo que al ponderar este factor se evalúa la distancia que separa la empresa de los mercados proveedor y consumidor. La tabla de valores coincidirá con la previamente citada.

A continuación, se presentan los potenciales consumidores de hidrógeno de la provincia de Río Negro y también de la zona de Bahía Blanca, que si bien son empresas que actualmente consumen hidrógeno gris en sus procesos, pueden constituirse como futuros clientes del hidrógeno verde producido a partir del actual proyecto.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| Compañía | Volumen de producción | Consumo potencial de H2 verde | Reducción potencial de emisiones CO ₂ |
|---|--|-------------------------------|--|
| Refinería Dr. Ricardo Eliçabe (Bahía Blanca) | ~30,000 barril /d (~4,770 m ³ /d) | 8,705 t/a | |
| Dow Chemical (Bahía Blanca) | 730,000 t/a | | 760,000 t/a |
| Profertil (Bahía Blanca) | Amoniaco – 790,000 t/a Urea – 1.32 mil. t/a | 140,271 t/a | 1,480,000 t/a 1,402,386 t/a |
| Refinería YPF (Plaza Huincul – 110 km west of Cipolletti) | Procesamiento de 4.000 m ³ de aceite al día Metanol - 36.000 t/mes Aceite combustible ligero - 56.000 t/mes | 81,541 t/a | 220,752 t/a |
| Fox Petrol (Senillosa – 40 km west of Cipolletti) | 12,000 m ³ /mes (400 m ³ /d) | 730 t/a | |
| YPF Loma Campana (Añelo – 100 km north-west of Cipolletti) | 8,000-10,000 m ³ /d | 14,600-18,250 t/a | |
| YPF La Amarga Chica (near Añelo – 115 km north-west of Cipolletti) | 60,000 barriles/d (9,540 m ³ /d) en 2022 | 17,410 t/a | |

Figura 5.5. Consumo potencial de hidrógeno verde en las industrias de las regiones de Bahía Blanca y Cipolletti (en base a cálculos del consumo actual de hidrógeno gris).

Fuente: Instituto Fraunhofer de Economía de la Energía y Tecnología de Sistemas Energéticos.

5.4.1.6. Descripción de las posibles microlocalizaciones

5.4.1.6.1. Parque Industrial de Viedma

El parque Industrial se encuentra sobre la Ruta Provincial N° 1, camino a El Cóndor, en las afueras de la ciudad de Viedma, la cual es la capital de la provincia y una de las ciudades más importantes de la región.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

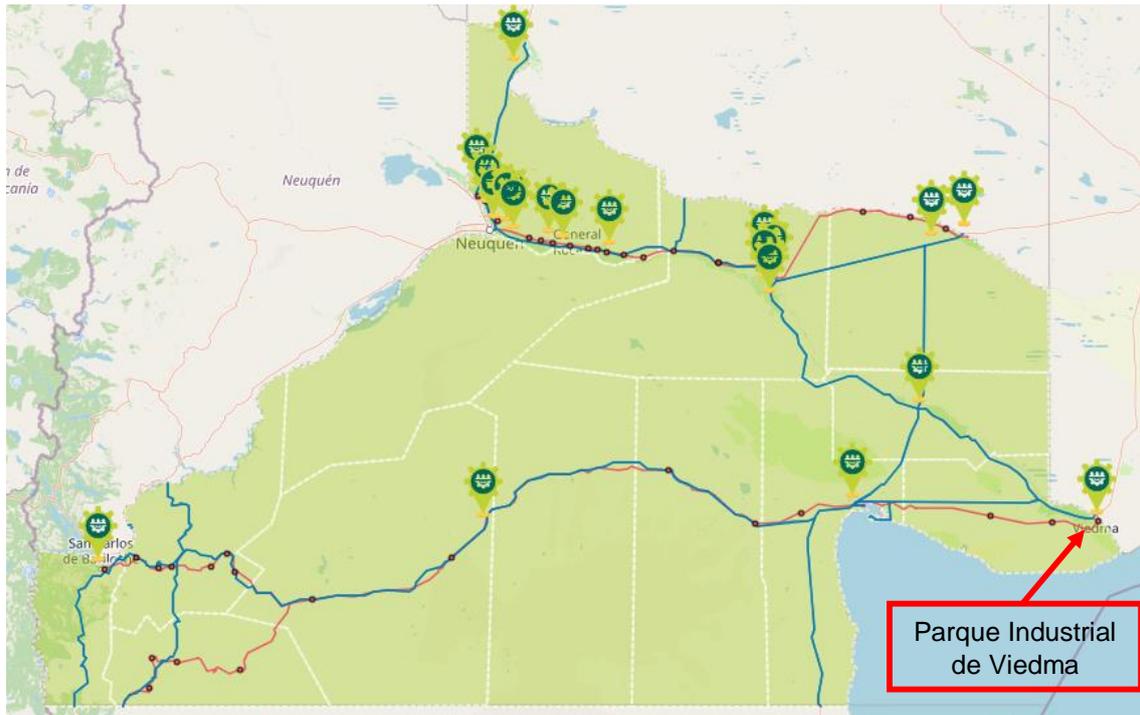


Figura 5.6. Localización geográfica del Parque Industrial de Viedma.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>

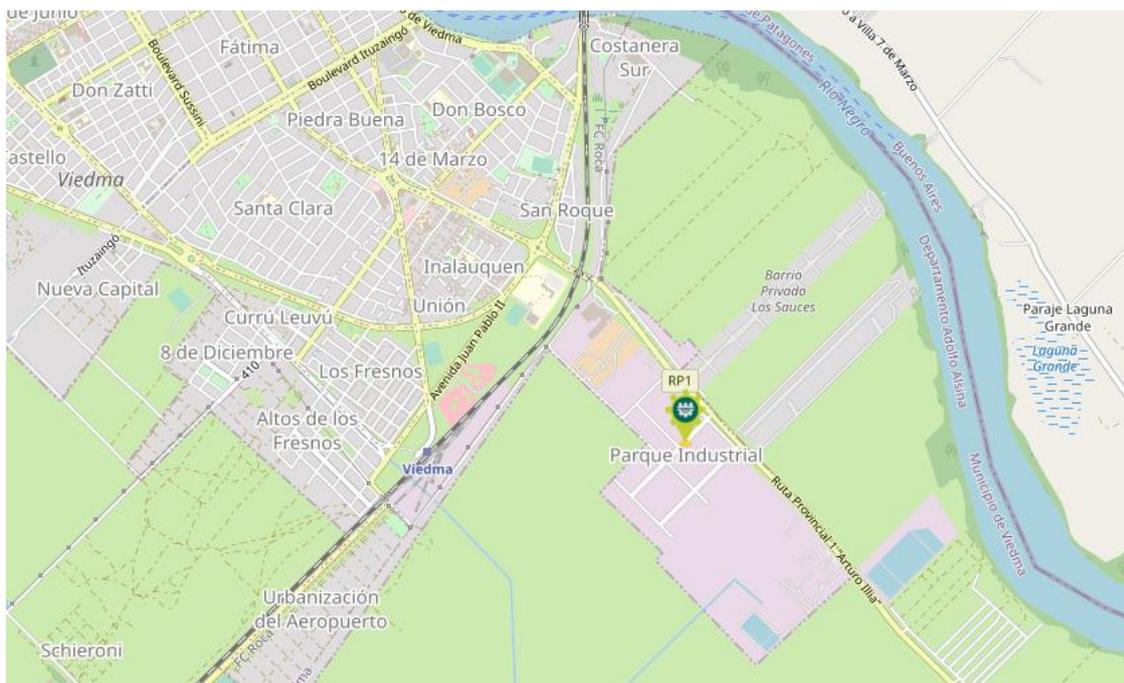


Figura 5.7. Vista en detalle del Parque Industrial de Viedma.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

La creación del Parque fue en el año 2000, en el marco de un conjunto de iniciativas políticas y estratégicas con la finalidad de generar las condiciones de desarrollo económico sobre el Este rionegrino.

Cuenta con 55 empresas radicadas de distintos perfiles comerciales que van desde Fridevi, principal frigorífico de la Patagonia hasta empresas constructoras, cementeras, de empaques de frutas secas, depósitos, talleres mecánicos, rectificadoras y aserraderos entre otros. De estas 55 empresas, 51 se encuentran en operación, 3 en construcción y 1 en proyecto.

La ubicación del mismo, está cercano al tejido urbano, tiene control fitosanitario y está muy cerca de la estación de tren con la posibilidad de nuclear carga y distribuir cargas Viedma - Bahía Blanca Bariloche-Viedma, y por la Ruta Nacional 3 puede accederse al Puerto de San Antonio.

Distancia del parque a:

- Centro urbano más próximo: 2 km. A Viedma.
- Ferrocarril: pasa por la zona.
- Puerto marítimo más próximo: 182 km. Al puerto San Antonio Este.
- Al mar: 20 km.
- A zonas cultivadas: 15 km.

Cuenta con una superficie total de 90 hectáreas, divididas en 90 lotes, con un porcentaje de ocupación del 96% de estos.

Actualmente se está trabajando en un proyecto de ampliación con la perspectiva de impulsar el desarrollo económico para la capital provincial. Este proyecto surge como una necesidad de incorporar nuevos terrenos, ya que no cuenta con lotes en venta por el momento.

Los servicios e infraestructura que presenta son:

- Agua: Suministro de la red municipal
- Descarga de aguas residuales: Si
- Energía eléctrica: Conexión de media tensión
- Utilización de energías renovables: No
- Gas: Conexión de gas envasado
- Internet: Sistema de comunicaciones con utilización de red de obra, punto a punto, telefonía, celular, satelital, etc.
- Vigilancia: No
- Servicios anexos: Servicio recolección y tratamiento de residuos comunes e individuales Servicio de mantenimiento de espacios comunes y espacios verdes.
- Alumbrado público: Si
- Áreas verdes: No
- Calles de acceso: Si

El ENREPAVI es el organismo rector de planificación y ejecución de las acciones vinculadas al desarrollo del parque industrial, y la Municipalidad de Viedma es parte del Directorio.

5.4.1.6.2. Parque Industrial San Antonio Oeste

Ubicado sobre la costa atlántica rionegrina, el parque fue reconocido como tal por la provincia de Río Negro en el año 2014, y desde entonces su desarrollo ha sido fuertemente potenciado.

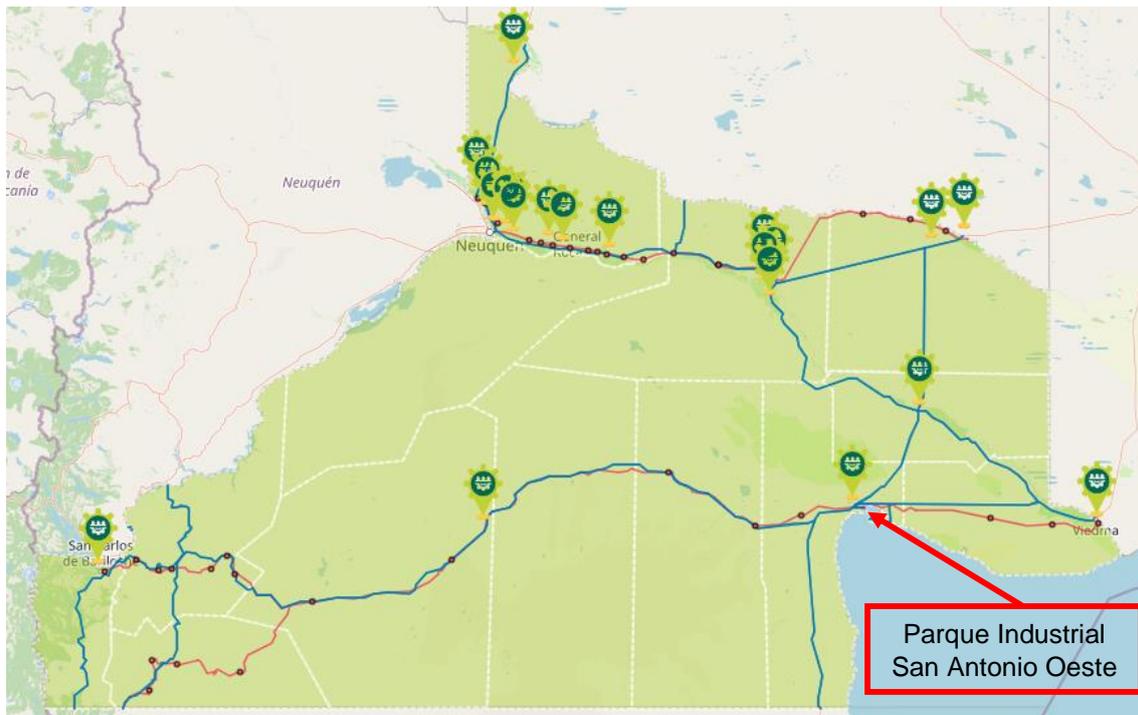


Figura 5.8. Localización geográfica del Parque Industrial de San Antonio Oeste.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>

**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

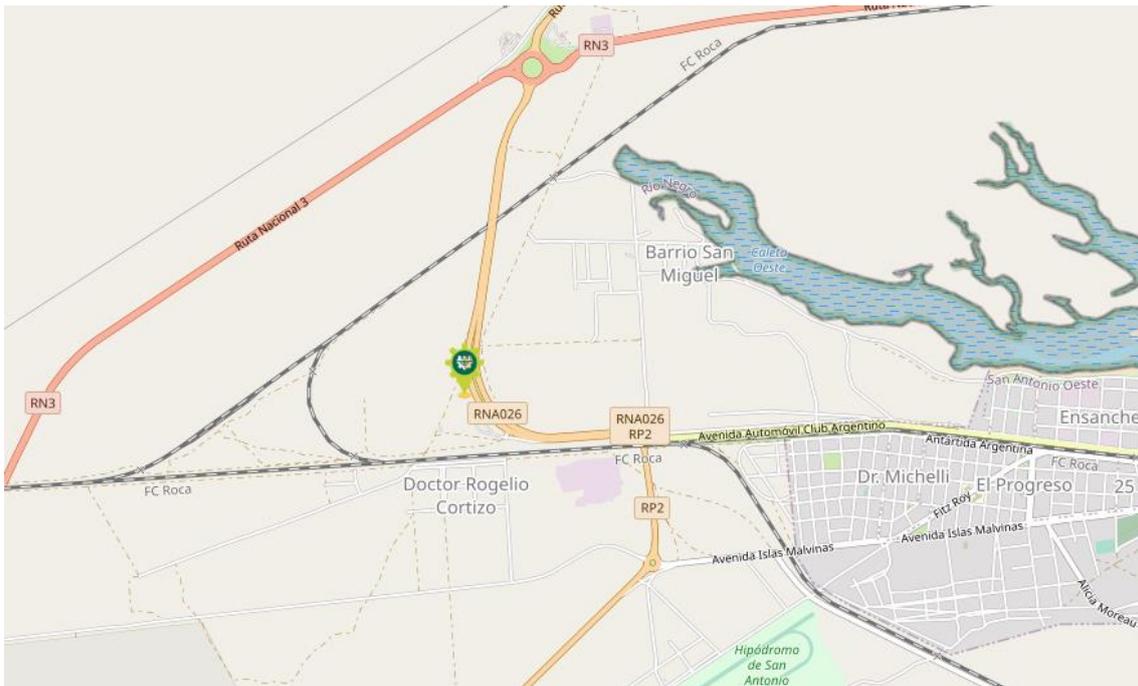


Figura 5.9. Vista en detalle del Parque Industrial de San Antonio Oeste.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>

La principal actividad desarrollada es la extracción de productos de mar y su posterior comercialización, debido a que la localidad cuenta con un pequeño puerto dedicado a esta actividad. Se trata de un lugar estratégico para las actividades económicas de pesca y explotación de minerales.

Su posición en la región le aporta una potencialidad para las empresas de transporte y carga, además participa del Corredor Bioceánico (conecta el Pacífico con el Atlántico) siendo un punto neurálgico para el transporte de alimentos en toda la provincia y la Patagonia chilena. Empresas que se destacan hoy en funcionamiento: planta pesquera y empresas de Logística.

A 60 kilómetros de allí, del Puerto de Aguas Profundas San Antonio Este, sale la fruta rionegrina que se exporta al mundo. El Puerto posee una importancia absoluta al tratarse de uno de los centros portuarios con mayor movimiento de mercaderías al año.

Distancia del parque a:

- Centro urbano más próximo: 4 km. A San Antonio Oeste.
- Ferrocarril: pasa por la zona.
- Puerto marítimo más próximo: 60 km. Al puerto San Antonio Este.
- Al mar: 5 km.
- A zonas cultivadas: 90 km.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Su Parque Industrial, con 278 hectáreas, se trata de uno de los parques más grandes de la provincia. Este terreno se encuentra dividido en 55 lotes, con una ocupación de sólo el 5%. Actualmente se encuentran funcionando 3 empresas, y otras 3 se encuentran en fase de proyecto.

Los servicios e infraestructura que presenta son:

- Agua: Suministro de la red municipal
- Descarga de aguas residuales: No
- Energía eléctrica: Conexión de media tensión
- Utilización de energías renovables: No
- Gas: Conexión de gas envasado
- Internet: Línea inalámbrica, Señal de celular, No tiene fibra óptica
- Vigilancia: No posee
- Servicios anexos: Servicios de transporte público
- Alumbrado público: Si
- Áreas verdes: No
- Calles de acceso: Si

5.4.1.6.3. Parque Industrial de la Localidad de Conesa

General Conesa es la ciudad cabecera del Departamento Conesa, situada al este de la provincia. La localidad se encuentra ubicada sobre la margen derecha del río Negro, dentro del Valle Inferior. Su ubicación, en el cruce de dos rutas nacionales, 250 y 251, que atraviesan la Provincia de Este a Oeste y de Norte a Sur respectivamente, posibilita una amplia conectividad terrestre con todas las regiones del país.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

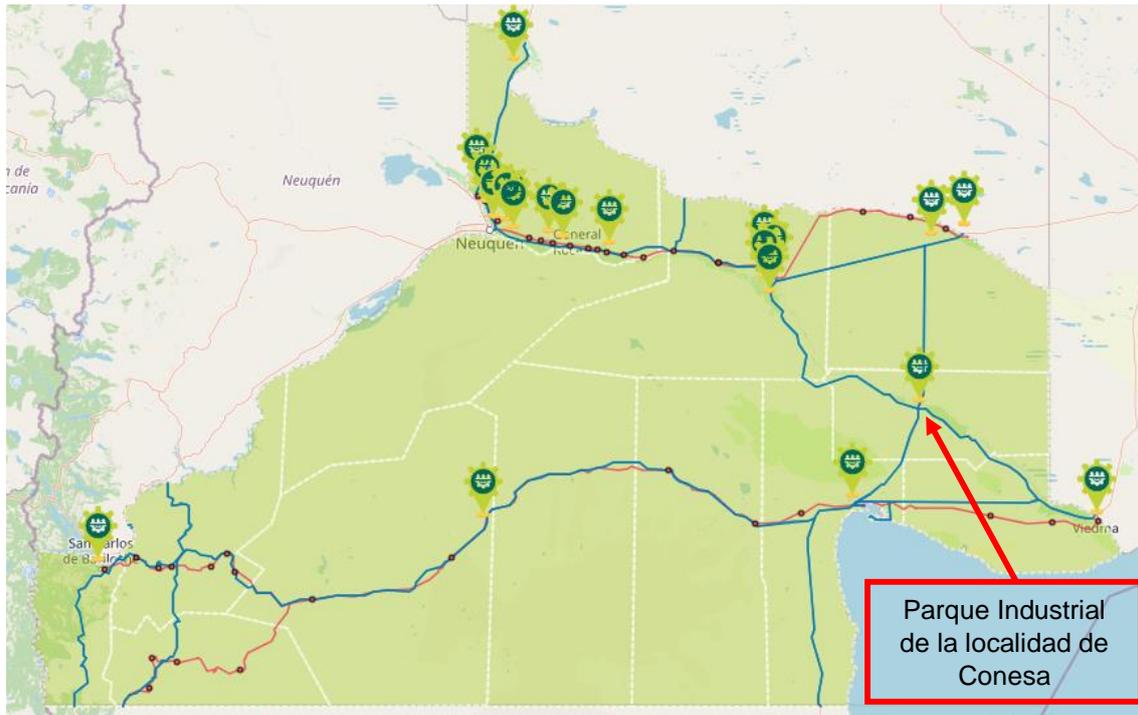


Figura 5.10. Localización geográfica del Parque Industrial de la localidad de Conesa.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>

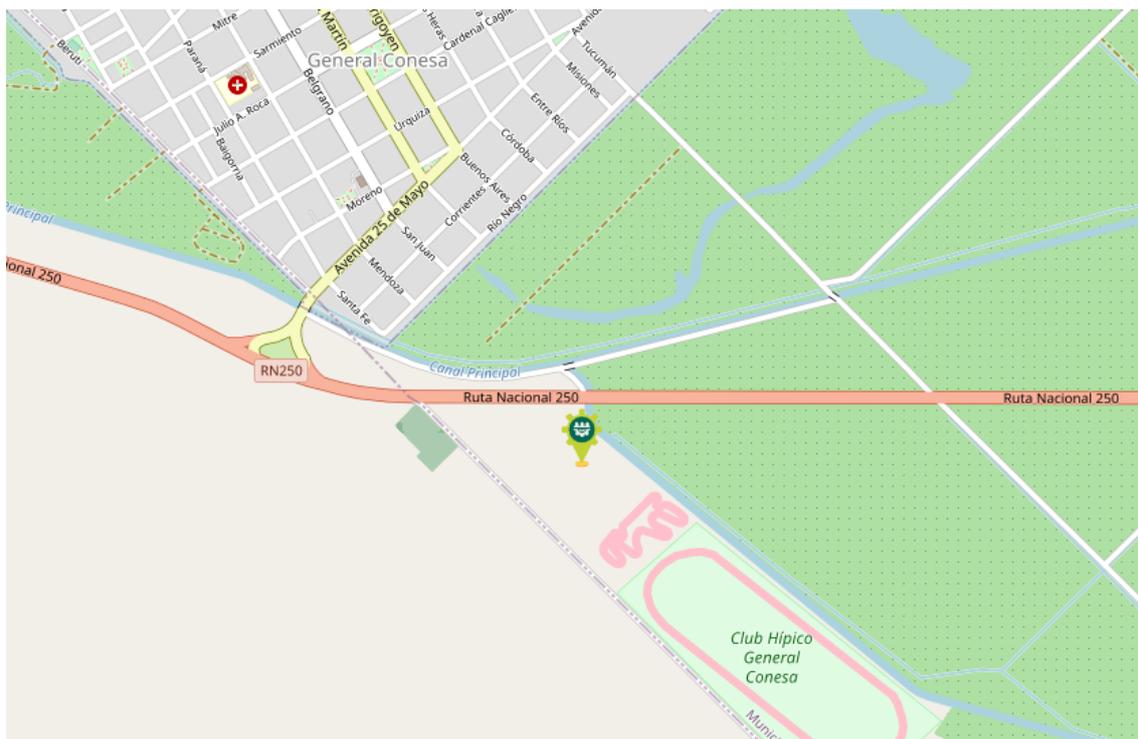
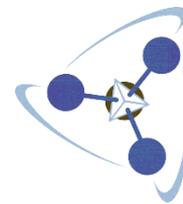


Figura 5.11. Vista en detalle del Parque Industrial de la localidad de Conesa.

Fuente: <https://vidriera-crear.rionegro.gov.ar/>



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Distancia del parque a:

- Centro urbano más próximo: 1,5 km. A General Conesa.
- Ferrocarril: pasa por la zona.
- Puerto marítimo más próximo: 140 km. Al puerto San Antonio Este.
- Al mar: 120 km.
- A zonas cultivadas: 5 km.

Las principales actividades económicas de la zona son la producción ganadera y de hortalizas, siendo la cebolla uno de los más importantes. Su Parque Industrial fue creado en el año 2021, siendo uno de los más nuevos de la región. Cuenta con 30 hectáreas divididas en 50 lotes que hoy en día sólo el 2% de ellas se encuentran ocupadas con 2 empresas en construcción. Cuenta con un gran potencial económico gracias a su ubicación estratégica con buena conexión terrestre dentro de la provincia.

Los servicios e infraestructura que presenta son:

1. Agua: Conexión por pozo
2. Descarga de aguas residuales: No
3. Energía: Conexión de baja tensión
4. Utilización de energías renovables: Si
5. Gas: Suministro de gas natural
6. Vigilancia: No posee
7. Servicios anexos: Servicio de aduana domiciliaria o depósito fiscal
8. Alumbrado público: Si
9. Áreas verdes: Si
10. Calles de acceso: No

5.4.2. MATRIZ DE PONDERACIÓN

Como se nombró previamente las locaciones utilizadas para el análisis serán las áreas industriales de Viedma, San Antonio Oeste y Gral. Conesa. La metodología a utilizar será la misma que para la definición de la macrolocalización, siendo la localidad con mayor puntaje la que resulte seleccionada.

Tabla 5.3. Matriz de ponderación de la macrolocalización.

| Factores | Peso relativo porcentual (%) | Viedma | | San Antonio Oeste | | Gral. Conesa | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|------------|-------------------|------------|--------------|------------|
| | | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. | Calif. | Pond. |
| Proximidad a materia prima | 25 | 9 | 2.25 | 7 | 1.75 | 9 | 2.25 |
| Cercanía al mar | 25 | 6 | 1.5 | 10 | 2.5 | 2 | 0.5 |
| Disponibilidad de servicios | 15 | 8 | 1.2 | 8 | 1.2 | 6 | 0.9 |
| Costo y disponibilidad de terrenos | 20 | 2 | 0.4 | 10 | 2 | 9 | 1.8 |
| Costos de transporte | 15 | 7 | 1.05 | 5 | 0.75 | 7 | 1.05 |
| Total | 100 | - | 6.4 | - | 8.2 | - | 6.5 |

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. CONCLUSIÓN

De acuerdo con la metodología aplicada, la localización óptima para nuestro proyecto resulta el parque industrial de la localidad de San Antonio Oeste, ubicado la costa atlántica de la provincia de Río Negro. Esta localización demuestra tener diversas ventajas frente a las demás opciones evaluadas, es por ello que fue seleccionada. Estas ventajas están relacionadas con: la proximidad al mar, la disponibilidad de grandes extensiones de terreno y la disponibilidad de servicios.



6. INGENIERÍA DE DETALLE

6.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por ingeniería de detalle o ingeniería de proceso a aquella etapa del proyecto donde se desarrollan, evalúan y diseñan los procesos productivos. Además, se genera toda la información necesaria para la ingeniería básica como así también se definen todos los requerimientos de materias primas e insumos del proceso.

En este capítulo se desarrollarán los aspectos relacionados con la ingeniería de detalle para la obtención de hidrógeno por electrólisis, donde la energía necesaria para el proceso provendrá de una caldera donde se quema biomasa.

Específicamente, se desarrollará:

- Descripción y Diagrama de bloques del proceso.
- Balances de masa de las distintas etapas.
- Diseño de los principales equipos.
- Selección de los equipos a utilizar.

Como fue establecido en el Capítulo 4 “Tamaño”, se deberá tener en cuenta, para el diseño de la ingeniería de detalle del proyecto, una producción anual de hidrógeno de 5548,8 toneladas, con un régimen de trabajo de 340 días por año.

6.2. ALCANCE DEL PROYECTO

La planta de producción de hidrógeno que va a desarrollarse en este informe, comprende desde la producción de energía eléctrica a partir de la utilización de biomasa, hasta el almacenamiento de los gases producidos.



Figura 6.1. Esquema de una planta de producción de hidrógeno.

Fuente: Siemens Energy.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

En la Figura 6.2. se muestra un pequeño diagrama de flujo del proceso que resume la forma de operación de la planta.

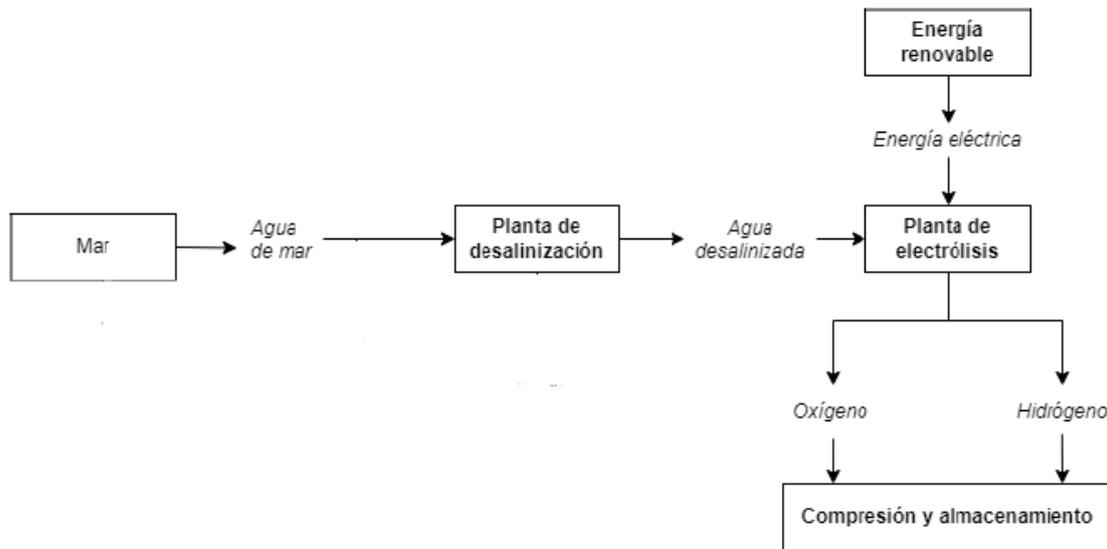


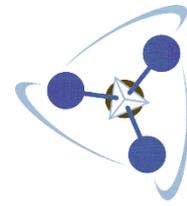
Figura 6.2. Diagrama de flujo de la producción de hidrógeno por electrólisis.

Fuente: Elaboración propia.

6.3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La selección de biomasa como fuente de energía para la electrólisis se sustenta en una serie de aspectos en los que se destaca frente a otras fuentes de energía renovable. A saber:

- La biomasa procede de residuos de la industria agrícola o forestal, o también de plantaciones específicas para fines energéticos, lo que implica que, a diferencia de la energía eólica o solar, sus costos de producción son mínimos.
- La energía eólica y solar requieren de materiales costosos, cuya producción involucra importantes cantidades de emisiones de GEI, mientras que la biomasa es producida de forma natural y sin emisiones significativas.
- La instalación de parques eólicos o solares implica localizaciones con características climáticas muy específicas, haciendo que su instalación en el país sea muy limitada. En el caso de la biomasa, a lo largo de Argentina la disponibilidad de este recurso es amplia y muy distribuida, lo que permite acceder a ella casi independientemente del punto de localización de nuestra planta de electrólisis.



Sin embargo, debido a los altos requerimientos de energía que se necesitan en el proceso, se complementará el uso de biomasa en combustión directa con energía eólica para lograr la satisfacción completa del requerimiento energético de la planta de electrólisis.

6.3.1. CICLO RANKINE

La combustión de la biomasa en caldera puede ir orientada a aplicaciones térmicas como calefacción, secado, calentamiento de fluidos industriales; o bien estar dirigida para la producción de energía eléctrica.

Las instalaciones que utilizan combustión de biomasa sólida para la generación de energía eléctrica o potencia, funcionan con ciclos de vapor que tienen su fundamento básico en el Ciclo de Rankine.

El más básico e ideal de estos ciclos funciona del siguiente modo: con el calor obtenido de la combustión de la biomasa en una caldera se genera vapor saturado o sobrecalentado a alta presión, haciéndose pasar por una turbina. Las condiciones de entrada del vapor en la turbina quedan definidas por las variables de estado: temperatura, presión, entalpía, entropía, volumen específico y título. De la turbina se extrae trabajo que, a través de un alternador, se convertirá en energía eléctrica. Esta cesión de energía provoca una caída de la presión y también de entalpía. Si se considera el Ciclo de Rankine ideal, sin pérdidas de energía, es decir, la turbina se considera adiabática, en las condiciones de salida del fluido (punto 4) se posee la misma entropía que en la entrada de la turbina (punto 3). Si la variación de entalpía en el vapor al pasar por la turbina ha provocado una cierta condensación, las condiciones de salida de la misma se situarán en la zona de transición; en caso contrario, se situarán en la zona de vapor sobrecalentado. Una vez que el fluido ha pasado por la turbina se dirige a un condensador para pasarlo a líquido saturado (punto 1) o subenfriado, para aumentar de nuevo la presión mediante una bomba, antes de llegar a la caldera (punto 2), donde el líquido a alta presión vuelve nuevamente a evaporarse para recomenzar el ciclo. Este proceso se encuentra representado en la Figura 6.3, donde en la izquierda se encuentra representado mediante equipos, mientras que en la derecha se muestra en un diagrama T-S.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

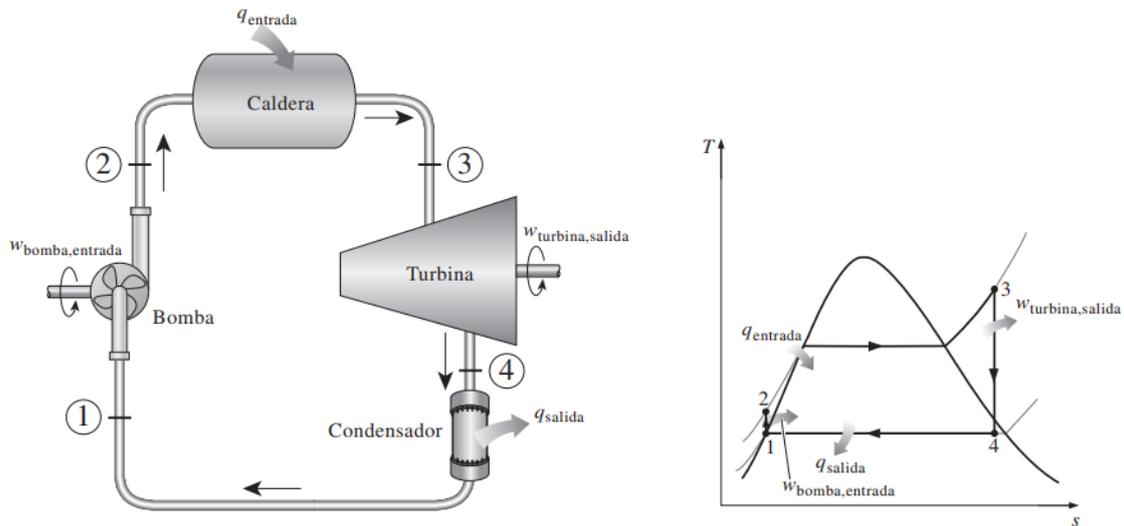


Figura 6.3. Ciclo Rankine ideal simple.

Fuente: maquinasyequipostermicos02.blogspot.com.

El vapor generado en la caldera en el punto 3, con presión y temperatura elevadas, se expande a través de la turbina para producir trabajo, y luego se descargará al condensador con estado 4. Si consideramos despreciable el calor transferido al ambiente (turbina adiabática), y despreciamos también las variaciones de energía cinética y potencial a la entrada y salida del volumen de control de la turbina, el balance de energía en términos de potencia en la misma está dada por la Ecuación (6.1).

$$W_t = m * (h_3 - h_4) \quad (6.1)$$

En el condensador, el calor disipado que se transfiere del vapor del circuito al agua de refrigeración que circula separadamente en contracorriente vendrá definido por la Ecuación (6.2).

$$Q_s = m * (h_4 - h_1) \quad (6.2)$$

El líquido procedente del condensador en estado 1 es bombeado desde la presión del condensador hasta la presión más alta de la caldera. La potencia a suministrar en la bomba, si ésta se considera adiabática y se desprecian las variaciones de energía cinética y potencial, se calcularán según la Ecuación (6.3).

$$W_b = m * (h_2 - h_1) \quad (6.3)$$

El ciclo se completa cuando el líquido procedente de la bomba en estado 2 se calienta y se evapora en la caldera hasta conseguir las condiciones de entrada a la turbina. El calor que se deberá aportar en la caldera se calcula por la Ecuación (6.4), donde se han despreciado las variaciones de energía cinética y potencial.



$$Q_c = m * (h_3 - h_2) \quad (6.4)$$

Dentro de los parámetros que permiten evaluar el funcionamiento del sistema, se encuentran:

- Rendimiento térmico

Es la relación entre el calor aportado a la caldera y el trabajo entregado por el ciclo.

$$\eta_t = \frac{W_t - W_b}{Q_c} = \frac{(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)}{(h_3 - h_2)} \quad (6.5)$$

Cabe destacar que el balance del ciclo ideal es nulo, es decir, la energía aportada en la caldera en forma de calor junto con el trabajo aportado en la bomba es similar al calor disipado en el condensador junto con el trabajo extraído en la turbina.

$$W_t + Q_s = W_b + Q_c \quad (6.6)$$

- Relación de trabajos

Es la relación entre el trabajo consumido por la bomba y el trabajo entregado por la turbina.

$$r_w = \frac{W_t}{W_b} = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_4} \quad (6.7)$$

- Consumo horario de combustible (Csh)

Es la cantidad de combustible consumido en el ciclo por hora de funcionamiento expresado en kg/h. Se calcula por medio de la Ecuación (6.8), donde Q_c es la potencia de la caldera en kW, η_t es el rendimiento de la caldera, PC_{comb} es el poder calorífico del combustible expresado en kJ/kg.

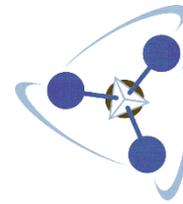
$$Csh = \frac{Q_c * 3600}{\eta_t * PC_{comb}} \quad (6.8)$$

A partir de este parámetro se pueden determinar las dimensiones del silo de abastecimiento de la caldera de biomasa. Si se conoce la autonomía deseada en la instalación d (días), las horas que funciona el ciclo al día h_s y la densidad aparente del biocombustible ρ_a (kg/m³), el volumen del silo (m³) se calcula según la Ecuación (6.9).

$$V_{silo} = \frac{Csh * h_s * d}{\rho_a} \quad (6.9)$$

- Consumo específico de combustible (Cs)

Es la cantidad de combustible que el ciclo necesita para producir una unidad de trabajo medido en kWh.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

$$C_s = \frac{Csh}{W_t - W_b} \quad (6.10)$$

Sin embargo, es importante aclarar que en condiciones reales la turbina y la bomba poseen pérdidas de energía. Estas pérdidas suponen procesos irreversibles que modifican el Ciclo ideal de Rankine. En la Figura 6.4 se pueden observar los efectos de las mismas, donde las condiciones reales del fluido operante de la turbina y de la bomba (condiciones 2a y 4a respectivamente) se sitúan a la derecha del punto teórico obtenido del ciclo ideal (2s y 4s respectivamente).

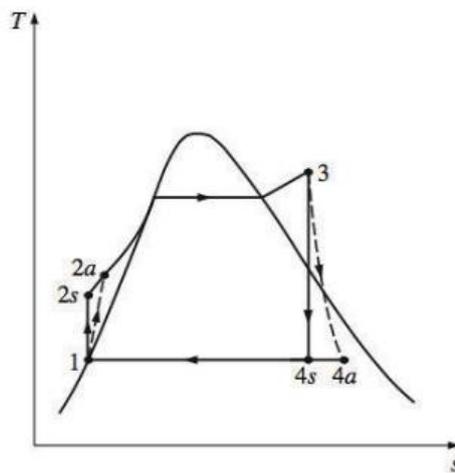


Figura 6.4. Desviación del ciclo real del ciclo ideal.

Fuente: Desarrollo de un software para centrales térmicas de ciclo Rankine con precalentadores abiertos, cerrados y recalentamiento.

La relación entre la energía útil y la energía consumida se denomina rendimiento. En el caso de la turbina, el rendimiento se calcula por medio de la Ecuación (6.11), donde W_{ta} es el trabajo que realmente proporciona la turbina, y W_t es el trabajo que produciría sin tales pérdidas.

$$\eta_{turbina} = \frac{W_{ta}}{W_t} = \frac{(h_3 - h_{4a})}{(h_3 - h_{4s})} \quad (6.11)$$

La diferencia de entalpía específica ($h_3 - h_{4a}$) es la energía realmente obtenida por cada kilogramo de gas que atraviesa la turbina, la cual resulta más pequeña que la que teóricamente se debería esperar si no existieran irreversibilidades ($h_3 - h_{4s}$). Por lo tanto, el rendimiento es menor a la unidad. Para el caso del rendimiento de la bomba, este se calcula por medio de la Ecuación (6.12), donde W_{ba} es el trabajo que realmente proporciona la bomba, y W_b es trabajo que proporcionaría la bomba sin pérdidas.

$$\eta_{turbina} = \frac{W_{ba}}{W_b} = \frac{(h_{2a}-h_1)}{(h_{2s}-h_1)} \quad (6.12)$$

6.3.1.1. Mejoras del ciclo

Con el transcurso del tiempo, en el afán por mejorar los rendimientos del ciclo, se desarrollaron diversas mejoras en el sistema que permitieron alcanzar tal fin. Se desarrolló un ciclo con recalentamiento, donde el flujo de vapor pasa por una primera fase de expansión en la turbina y luego entra nuevamente en la caldera, para posteriormente terminar de expandirse en una segunda etapa de la turbina. Esto mejora el rendimiento térmico del ciclo, con respecto al Ciclo Rankine básico anteriormente descrito.

Otra de las mejoras propuestas, y la que se adoptará para nuestra planta, es la del ciclo regenerativo de potencia, con calentador abierto (aquel en que se producen mezclas de caudal a distintas condiciones). Este sistema, además de mejorar el rendimiento térmico, permite ahorro de combustible en la caldera, por medio de la incorporación de un calentador de agua. Este calentador es alimentado por vapor procedente de una primera fase de la turbina y por el condensado proveniente del condensador.

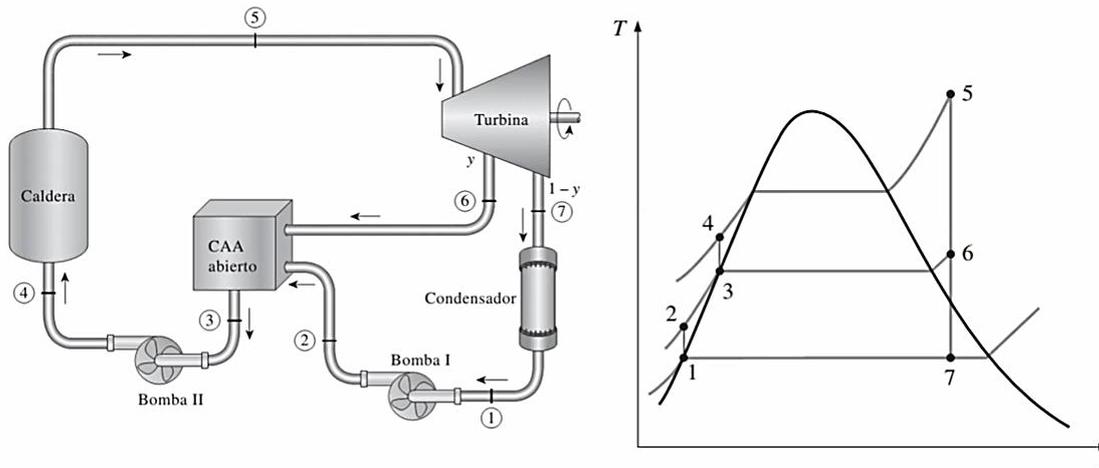


Figura 6.5. Ciclo de Rankine con calentador abierto para el agua de alimentación de caldera.

Fuente: Cengel 6ª edición. Termodinámica.

El circuito de la Figura 6.5 trabaja a tres presiones distintas:

- En la rama del punto 4 y del punto 5 (entrada a la caldera y entrada a la turbina) el flujo circula a alta presión.



- En la rama de los puntos 2, 3 y 6 el flujo circula a media presión (entre las dos fases de la turbina y las dos bombas).
- Y en el tramo desde la salida de la turbina hasta la primera bomba (ramal del punto 7, condensador y punto 2), el flujo circula a baja presión.

La mezcla de caudales en el calentador abierto debe realizarse a iguales presiones, por ello es que existe una bomba entre el condensador y el calentador. Esta bomba eleva la presión del flujo de esa rama desde un valor bajo hasta un valor medio de presión. Luego, otra bomba pasará la presión del flujo de salida del calentador de media a alta presión, para que dicho flujo ingrese en la caldera.

Si se denomina m_5 al flujo másico que sale de la caldera pasando por el punto 5 del circuito y por la primera fase de expansión de la turbina, m_6 el flujo que se deriva hacia el calentador en el punto 6, y m_7 al flujo que realiza la segunda fase de expansión y que pasa por el condensador, por balance de masas se cumple la Ecuación (6.13).

$$m_6 + m_7 = m_5 \quad (6.13)$$

Si se definen:

$$y = \frac{m_6}{m_5} \quad 1 - y = \frac{m_7}{m_5} \quad (6.14) \quad (6.15)$$

La variable y representa la fracción de vapor que se deriva hacia el calentador, mientras que $1 - y$ representa la fracción de vapor que pasa por la segunda etapa de expansión y que después del condensador pasará al calentador.

La fracción y se puede determinar aplicando los principios de conservación de masa y energía al volumen de control formado por el calentador abierto.

$$0 = y * h_6 + (1 - y) * h_2 - h_3$$
$$y = \frac{h_3 - h_2}{h_6 - h_2} \quad (6.16)$$

Suponiendo que no hay pérdidas de calor en la turbina tendremos:

$$W_t = m * [(h_5 - h_6) + (1 - y)(h_6 - h_7)] \quad (6.17)$$

El trabajo total suministrado por las bombas será:

$$W_b = m * [(h_4 - h_3) + (1 - y)(h_2 - h_1)] \quad (6.18)$$

El calor proporcionado por la caldera será:

$$Q_c = m * (h_5 - h_4) \quad (6.19)$$

El calor cedido al exterior por el condensador será:

$$Q_s = (1 - y) * m * (h_7 - h_1) \quad (6.20)$$



6.3.2. DISEÑO DEL CICLO RANKINE

El diseño termodinámico del ciclo se hará utilizando los parámetros de una caldera apta para biomasa, fabricada por la empresa argentina Fimaco, denominadas Calderas Acuotubulares AQL, utilizadas para sistemas de generación de energía y también en cogeneración. Sus características más importantes son:

- Producción de vapor de hasta 80 tn/h.
- Presión de funcionamiento de hasta 68 barG.
- Vapor saturado y sobrecalentado.
- Entrega grandes potencias.
- Acepta combustibles con alto grado de humedad y diferentes tamaños de grano.

Cabe destacar que la empresa Fimaco no sólo vende la caldera, si no que provee todos los equipos del ciclo Rankine completo.

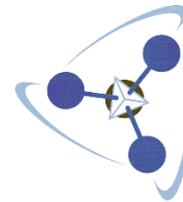


Figura 6.6. Ciclo Rankine con caldera acuotubular AQL, fabricada por Fimaco.

Fuente: Fimaco.com.ar

A partir de esto, se considerarán los siguientes parámetros de diseño:

- $P_{\text{caldera}} = 65 \text{ bar}$
- $T_{\text{caldera}} = 400^{\circ}\text{C}$
- $P_{\text{calentador}} = 10 \text{ bar}$
- $P_{\text{condensador}} = 0,08 \text{ bar.}$
- Potencia requerida = 36 MW



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Lo primero a determinar son las variables de estado de cada uno de las fases del proceso. Algunas de ellas son extraídas de tablas de vapor saturado, mientras que otras deben ser calculadas.

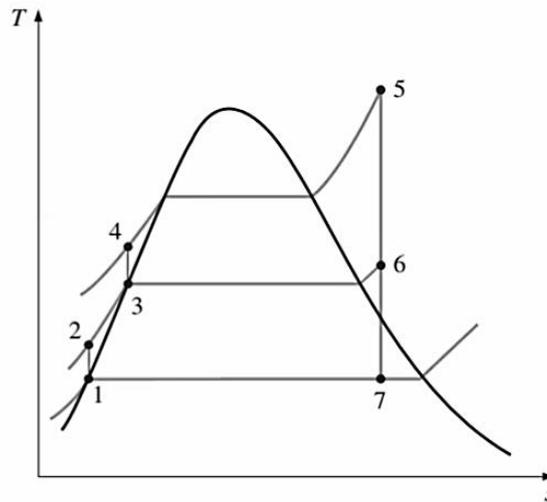


Figura 6.7. Ciclo Rankine con recalentamiento a diseñar.

Fuente: Cengel 6ª edición. Termodinámica.

Los puntos de los cuales podemos extraer información de las tablas de vapor son aquellos que se encuentran en condiciones de saturación o de vapor sobrecalentado. Cabe destacar que las transformaciones en la turbina y la bomba comprendida entre los puntos 1 y 2 se considerarán isoentrópicas, es decir, ideales.

Tabla 6.1. Variables de estado en los distintos puntos del ciclo.

| Punto | T (°C) | P (bar) | X | h (kJ/kg) | s (kJ/kg°C) | v (m³/kg) |
|-------|--------|---------|---|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 41,51 | 0,08 | 0 | 173,88 | 0,5926 | 0,001008 |
| 2 | | 10 | 0 | • | 0,5926 | |
| 3 | 179,89 | 10 | 0 | 762,66 | 2,1384 | 0,001127 |
| 4 | 180,6 | 65 | 0 | • | 2,132 | |
| 5 | 400 | 65 | 1 | 3168,2 | 6,4955 | 0,043675 |
| 6 | | 10 | • | • | 6,4955 | |
| 7 | 41,51 | 0,08 | • | • | 6,4955 | |

Fuente: elaboración propia.

Las celdas que contienen el símbolo • serán calculadas a continuación.



→ Punto 2

La salida del condensador constituye líquido saturado (punto 1). Por lo tanto, los valores de estado se obtienen de las tablas correspondientes. Tras la bomba, el líquido aumenta su presión hasta 10 bares, estando las condiciones en la zona de líquido subenfriado.

El cálculo de la entalpía se obtiene del siguiente modo, en donde la presión debe colocarse en kiloPascales para lograr homogeneidad dimensional.

$$h_2 = h_1 + v_1 * (P_2 - P_1)$$

$$h_2 = 173,88 \frac{kJ}{kg} + 0,001008 \frac{m^3}{kg} * (1000 \text{ kPa} - 8 \text{ kPa}) = 174,88 \frac{kJ}{kg}$$

→ Punto 4

Las condiciones de salida del calentador abierto son fijadas como líquido saturado (punto 3). A través de la segunda bomba se eleva la presión hasta la presión de funcionamiento de la caldera (65 bares). La entalpía se calcula del mismo modo que en el punto anterior.

$$h_4 = h_3 + v_3 * (P_4 - P_3)$$

$$h_4 = 762,66 \frac{kJ}{kg} + 0,001127 \frac{m^3}{kg} * (6500 \text{ kPa} - 1000 \text{ kPa}) = 768,86 \frac{kJ}{kg}$$

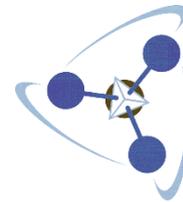
→ Punto 6

Para poder calcular las condiciones de salida de la turbina tras la primera expansión, se comprueba a través del título si el fluido se encuentra dentro de la zona de transición o en la zona de vapor sobrecalentado. Para ello, se toman los valores de saturación a 10 bares de presión.

Tabla 6.2. Valores de las variables termodinámicas del líquido y vapor saturado a 10 bares.

| Estado | T (°C) | P (bar) | X | h (kJ/kg) | s (kJ/kg°C) |
|---------|--------|---------|---|-----------|-------------|
| Líquido | 179,89 | 10 | 0 | 762,66 | 2,1384 |
| Vapor | 179,89 | 10 | 1 | 2777,6 | 6,5857 |

Fuente: elaboración propia.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

$$x_6 = \frac{s_6 - s_{6L}}{s_{6V} - s_{6L}} = \frac{(6,4955 - 2,1384) \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C}{(6,5857 - 2,1384) \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C} = 0,98$$

$$h_6 = (1 - x_6) * h_{6L} + x_6 * h_{6V}$$

$$h_6 = (1 - 0,98) * 762,66 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C + 0,98 * 2777,6 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C = 2737,3 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C$$

→ Punto 7

Del mismo modo se procede con la segunda expansión, estableciendo las condiciones de saturación a 0,08 bar de presión.

Tabla 6.3. Valores de las variables termodinámicas del líquido y vapor saturado a 0,08 bares.

| Estado | T (°C) | P (bar) | X | h (kJ/kg) | s (kJ/kg°C) |
|---------|--------|---------|---|-----------|-------------|
| Líquido | 41,51 | 0,08 | 0 | 173,88 | 0,5926 |
| Vapor | 41,51 | 0,08 | 1 | 2577 | 8,2287 |

Fuente: elaboración propia.

$$x_7 = \frac{s_7 - s_{7L}}{s_{7V} - s_{7L}} = \frac{(6,4955 - 0,5926) \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C}{(8,2287 - 0,5926) \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C} = 0,773$$

$$h_7 = (1 - x_7) * h_{7L} + x_7 * h_{7V}$$

$$h_7 = (1 - 0,773) * 173,88 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C + 0,773 * 2577 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C = 2031,5 \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C$$

De esta forma, los datos de las variables termodinámicas de los distintos puntos se encuentran resumidos en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4. Variables de estado en los distintos puntos del ciclo.

| Punto | T (°C) | P (bar) | X | h (kJ/kg) | s (kJ/kg°C) | v (m³/kg) |
|-------|--------|---------|-------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 41,51 | 0,08 | 0 | 173,88 | 0,5926 | 0,001008 |
| 2 | | 10 | 0 | 174,88 | 0,5926 | |
| 3 | 179,89 | 10 | 0 | 762,66 | 2,1384 | 0,001127 |
| 4 | 180,6 | 65 | 0 | 768,86 | 2,132 | |
| 5 | 400 | 65 | 1 | 3168,2 | 6,4955 | 0,043675 |
| 6 | | 10 | 0,98 | 2737,3 | 6,4955 | |
| 7 | 41,51 | 0,08 | 0,773 | 2031,5 | 6,4955 | |

Fuente: elaboración propia.



Con estos datos, podemos conocer el flujo que se deriva hacia el calentador, la potencia entregada por el sistema, el trabajo y el calor generado por el sistema.

→ Fracción de flujo derivado al calentador

El balance de energía en el calentador abierto nos permite calcular cuál es la fracción de flujo que hay que derivar hacia el mismo. Reemplazando en la ecuación (6.16), obtenemos:

$$y = \frac{(762,66 - 174,88) \frac{kJ}{kg}}{(2737,3 - 174,88) \frac{kJ}{kg}} = 0,23$$

→ Potencia entregada por el sistema

Considerando que la producción máxima de vapor de la caldera seleccionada es de 80 tn/h (22,22 kg/s), utilizaremos este valor para conocer cuál es la potencia del sistema trabajando con este nivel de producción.

Para ello, debemos realizar la diferencia entre $W_t - W_b$, utilizando las ecuaciones (6.17) y (6.18).

$$W_t - W_b = m_v * \{[(h_5 - h_6) + (1 - y) * (h_6 - h_7)] - [(h_4 - h_3) + (1 - y) * (h_2 - h_1)]\}$$

$$W_t - W_b = 22,22 \frac{kg}{s} * \left(974,366 \frac{kJ}{kg} - 6,97 \frac{kJ}{kg} \right) = 21495,5 kW = 21,5 MW$$

Sabiendo que se necesitan 36 MW totales de potencia para abastecer a los electrolizadores, los 14,5 MW restantes deberán ser aportados por otra fuente de energía renovable.

→ Trabajo aportado por la turbina

Reemplazando en la ecuación (6.17), se obtiene:

$$W_t = 22,22 \frac{kg}{s} * [(3168,2 - 2737,3) + (1 - 0,23) * (2737,3 - 2031,5)] = 21650,4 kW$$

→ Trabajo consumido por las bombas

Reemplazando en la ecuación (6.18), se obtiene:



$$W_b = 22,22 \frac{kg}{s} * [(768,86 - 762,66) + (1 - 0,23) * (174,88 - 173,88)] = 154,88 kW$$

→ Calor proporcionado por la caldera

Reemplazando en la ecuación (6.19), se obtiene:

$$Q_c = 22,22 \frac{kg}{s} * (3168,2 - 768,86) = 53308,9 kW$$

→ Calor cedido al exterior por el condensador

Reemplazando en la ecuación (6.20), se obtiene:

$$Q_s = (1 - 0,23) * 22,22 \frac{kg}{s} * (2031,5 - 173,88) = 31782,76 kW$$

→ Rendimiento térmico y relación de trabajos

Reemplazando en las ecuaciones (6.5) y (6.7), obtenemos:

$$\eta_t = \frac{21495,5 kW}{53308,9 kW} = 0,403$$

$$r_w = \frac{154,88 kW}{21650,4 kW} = 0,00715$$

→ Consumo horario de combustible

Considerando que en Río Negro el principal cultivo es de manzana y pera, determinaremos que esta será la biomasa que nuestra caldera recibirá para su operación. Además, de acuerdo con el informe de SENASA para el año 2019, la superficie cultivada de manzanas fue de 14303 hectáreas, lo que representa un 46,8% de la superficie total cultivada de la provincia; y para el caso de la pera, la superficie cultivada fue de 16253 hectáreas, representando un 53,2% del territorio total cultivado en la provincia.

A partir de la información anterior, consideraremos que la mezcla de biomasa que llegará a nuestra planta presentará como composición los porcentajes anteriormente detallados, es decir, la masa total de biomasa estará compuesta de 46,8% de restos de poda de manzanos y el 53,2% de restos de poda de perales.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Una vez definido esto, se debe conocer cuál es el poder calorífico de estas especies de frutales. La información acerca del PCI de estos residuos agrícolas leñosos se observa a continuación:

| | Mg (50% humitat) | PCI (MJ/kg b.s) | Energía (tep) |
|-----------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| Cítricos | | | |
| Mandarino | 9410 [14,19] | 11,9 [19] | 1.930 |
| Naranja | 2790 [14,19] | 11,9 [19] | 570 |
| Limonero | 40 [14,19] | 11,9 [19] | 10 |
| Frutales no cítricos | | | |
| Melocotonero | 54800 [14,19] | 1,8 [19] | 10.960 |
| Peral | 53000 [14,19] | 11,8 [19] | 10.600 |
| Manzano | 41320 [14,19] | 11,8 [19] | 8.260 |
| Cerezo y guindo | 7540 [14,19] | 11,8 [19] | 1.510 |
| Ciruelos | 2940 [14,19] | 11,8 [19] | 590 |
| Albaricoquero | 1050 [14,19] | 11,8 [19] | 210 |
| Higuera | 430 [14,19] | 11,8 [19] | 90 |
| Níspero | 30 [14,19] | 11,8 [19] | 10 |
| Otros | | | |
| Viñedo | 139100 [14,19] | 11,7 [19] | 27.820 |
| Olivar | 104380 [14,19] | 12,1 [19] | 21.210 |
| Almendro | 77790 [14,19] | 11,6 [19] | 15.180 |
| Avellano | 52740 [14,19] | 11,6 [19] | 10.390 |
| Nogal | 2110 [14,19] | 11,6 [19] | 420 |
| TOTAL | 549.470 | - | 109.760 |

Figura 6.8. Residuos agrícolas leñosos generados en Cataluña.

Fuente: Evaluación de la Biomasa como Recurso Energético Renovable en Cataluña – Universidad de Girona.

Como se puede observar en la Figura 6.8, ambas especies tienen el mismo poder calorífico, por lo que el calor entregado por la masa total de biomasa que se alimenta a la caldera resultará independiente de su composición.

Reemplazando en la Ecuación (6.8), se obtiene:

$$C_{sh} = \frac{Q_c * 3600}{\eta_t * PC_{comb}} = \frac{53308,9 \text{ kW} * 3600}{0,9 * 11800 \text{ kJ/kg}} = 18070,8 \text{ kg/h}$$

6.3.2.1. Patio de biomasa

Además de considerar el diseño del ciclo Rankine y su requerimiento de combustible, también se debe tener en cuenta el correcto tratamiento de la biomasa previo a ingresar a la caldera. Para ello, la empresa Fimaco también

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

brinda servicios para la construcción de un patio de biomasa, el cual consiste en un conjunto de equipos para llevar a cabo las siguientes actividades:

- Recepción
- Almacenamiento
- Reducción al tamaño de partículas
- Adecuación del combustible, secado
- Filtrado y clasificación
- Transporte



Figura 6.9. Representación de un patio de biomasa de Fimaco.

Fuente: Fimaco.com.ar

6.3.3. ENERGÍA EÓLICA REQUERIDA

Como se definió en el apartado 6.3.2, se necesitan 36 MW totales de potencia para abastecer a los electrolizadores, de los cuales 21,5 MW serán aportados por la caldera y los 14,5 MW restantes deberán ser aportados por aerogeneradores.

Para satisfacer esta necesidad energética, se utilizará energía proveniente del parque eólico IDUN I, el cual es un proyecto de producción de energía eólica ubicado en la localidad de Las Grutas, a aproximadamente 45 km (por ruta) de San Antonio Oeste. El parque contará con 6 aerogeneradores General Electric de 3,80 MW cada uno, entregando así una potencia nominal total de 24,15 MW, y será llevado a cabo por la empresa Saint Vincent en conjunto con la compañía



IDUN Agroenergía SA. El parque estará conectado al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) en el nivel de 33 kilovoltios, mediante la apertura de la Línea de Media Tensión San Antonio Oeste – Valcheta, jurisdicción de la Empresa de Energía Río Negro Sociedad Anónima (Edersa).



Figura 6.10. Ubicación del parque eólico IDUN I (km 0) y distancia en línea recta hasta la ubicación del parque industrial San Antonio Oeste.

Fuente: Google Maps.

6.4. PURIFICACIÓN DEL AGUA UTILIZADA

Para la obtención del agua requerida para el proceso, se demanda la instalación de una Planta de Tratamiento de Aguas, cuyo diseño dependerá de la calidad de agua de aporte (pozo, lagos, ríos, mar, etc.) y también por el volumen de agua que será necesario tratar para el proceso de electrólisis.

En líneas generales, el tratamiento será:

- Pretratamiento
- Ósmosis inversa (RO)
- Electrodesionización (EDI)

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

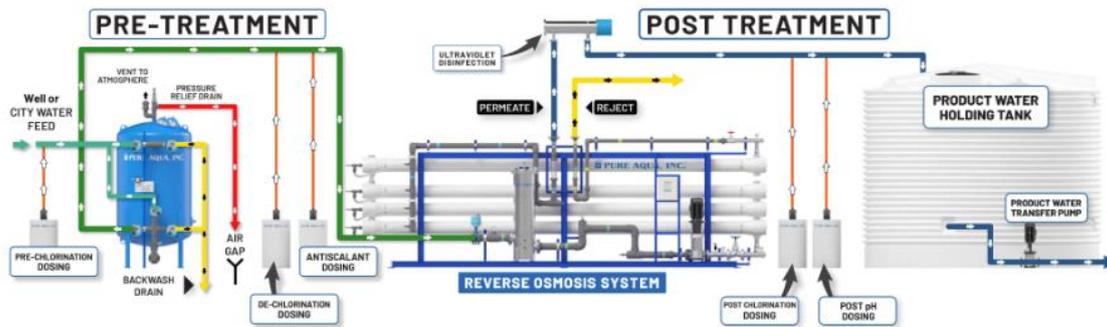


Figura 6.11. Esquema general planta de tratamiento de agua salobre.

Fuente: Pure Aqua, INC.

Es importante recordar que el sistema de desalinizado del agua recibirá agua de mar proveniente del mar Atlántico, de la costa de la ciudad de San Antonio Oeste.

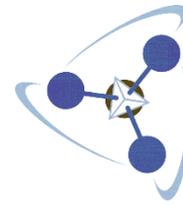
Todo este tratamiento genera aguas residuales en rangos de 30% a 35% con una alta conductividad, la cual debe analizarse si es posible de eliminar en sistemas cloacales locales o cuerpos de agua cercanos de forma directa o si requiere de algún tipo de tratamiento previo.

Considerando que se requieren alrededor de 10 toneladas de agua pura para producir una tonelada de hidrógeno, el agua impura que se requerirá para el proceso será mayor, en un rango de 13 a 13,5 toneladas. Esto implica que el verdadero consumo de agua de la planta, es mayor a lo identificado anteriormente.

6.4.1. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento será diseñado en función de las características y procedencia del agua bruta para asegurar los parámetros adecuados para el aporte a la planta de ósmosis inversa.

- Para la eliminación de sólidos en suspensión o coloides, se deben utilizar sistemas de filtración de tipo filtro de mallas o plantas de ultrafiltración.
- Además, se puede incorporar un filtro de carbón activado o dosificación de bisulfito de sodio para la reducción de oxidantes del agua.
- Dosificación de un agente antiincrustante para evitar la precipitación de las sales en el sistema de ósmosis inversa.



6.4.1.1. Filtración

Operación física consistente en el paso de agua a través de un medio filtrante, con el fin de separar la materia que se encuentra en el seno del fluido y que es arrastrada por éste. El medio filtrante es siempre un soporte o un lecho, denominándose filtración sobre soporte o sobre lecho respectivamente.

Las partículas quedan retenidas en el medio filtrante creado por el elemento filtrante y el fluido queda libre de las mismas. El tamaño del poro está directamente relacionado con el tipo y las dimensiones de las partículas que se pueden separar.

Para la determinación del tipo de filtro y medio filtrante a utilizar influyen varios criterios externos como son:

- Las características del fluido a filtrar
- Las características de las partículas a retener
- Posibilidad o necesidad de recuperación
- La calidad deseable en el fluido filtrado
- Las condiciones de funcionamiento de la instalación
- Las posibilidades, eficacia y forma de lavado que se desea
- Los medios económicos que se pretendan utilizar tanto para la instalación como para su mantenimiento posterior

La filtración nos permite eliminar sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos, de tamaño variable según la porosidad del medio impuesto y por efecto de las fuerzas eléctricas que se producen debido al rozamiento de estos al paso del agua a través del manto filtrante.

Algunos de los tipos de filtración más empleados son:

- Filtración Bicapa
- Filtración Tricapa
- Hidrociclón
- Desferrizador
- Filtración de arena
- Filtración de Carbón Activo
- Filtración de malla
- Filtración de anilla
- Filtración de cartuchos
- Filtración de bolsas



Figura 6.12. Sistema de filtración.

Fuente: J. Huesa Water Technology.

6.4.2. ÓSMOSIS INVERSA

Este tipo de tecnología utiliza una membrana que permite eliminar la salinidad del agua. Se basa en un proceso de difusión a través de una membrana semipermeable que facilita el paso de gases disueltos y moléculas sin carga electrostática de bajo peso molecular.

Es el sistema más indicado para la producción de agua con un bajo contenido de sales, libre de virus y contaminantes químicos. Dentro de los tipos de ósmosis inversa que se pueden encontrar en función de la configuración de sus membranas son:

- Membranas en espiral
- Membranas de discos
- Membranas vibrantes

La ósmosis es un fenómeno en el que las moléculas se mueven pasando a través de una membrana semipermeable porosa, de una región de menor concentración a otra de mayor concentración, siendo el objetivo de la membrana el igualar las concentraciones de ambos lados. Esta afluencia de partículas hacia la zona de menor concentración es conocida como presión osmótica. En la ósmosis inversa, se aplica una presión superior a la presión osmótica, consiguiendo un efecto contrario. Cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será el flujo de permeado que se obtendrá.

Como se indicó anteriormente, es fundamental un correcto pretratamiento del agua para evitar el ensuciamiento o biofouling de las membranas, la incrustación de las mismas o incluso su degradación; así como también es esencial realizar un correcto mantenimiento preventivo y correctivo de la operación.

Algunas de las aplicaciones habituales de la Ósmosis Inversa son:

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Producción de agua pura en los principales sectores productivos: la industria química, alimentaria, energética, electrónica, entre otros.
- Tratamiento de vertidos salinos en los que se quiere eliminar su conductividad
- Para la desalación de agua de mar
- Posibilita la reducción del consumo de agua gracias a su regeneración y reutilización.



Figura 6.13. Sistema de ósmosis inversa.

Fuente: J. Huesa Water Technology.

Puesto que con la ósmosis inversa se obtiene un permeado donde se elimina un 99% de las sales del agua de entrada, se debe analizar si será necesaria la instalación de un segundo paso de ósmosis inversa para obtener tal resultado. Esto dependerá de la calidad del agua de entrada.

6.4.3. ELECTRODESIONIZACIÓN

EDI es un proceso que combina tecnología de membrana semipermeable con medios de intercambio iónico para proporcionar un proceso de desmineralización de alta eficiencia.

La electrodiálisis emplea corriente eléctrica y membranas especialmente preparadas que son semipermeables a los iones en función de su carga, corriente eléctrica y capacidad para reducir los iones en función de su carga. A través de la electrodiálisis, un potencial eléctrico transporta y segrega especies acuosas cargadas. La corriente eléctrica se utiliza para regenerar continuamente la resina, eliminando la necesidad de una regeneración periódica.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Funcionamiento: Una pila EDI tiene la estructura básica de una cámara de desionización. La cámara contiene una resina de intercambio iónico, empaquetada entre una membrana de intercambio catiónico y una membrana de intercambio aniónico. Solo los iones pueden pasar a través de la membrana, el agua está bloqueada.

Cuando el flujo ingresa al compartimiento de dilución lleno de resina, se ponen en marcha varios procesos. Las resinas de lecho mixto eliminan los iones fuertes de la corriente de alimentación. Bajo la influencia del fuerte campo de corriente directa aplicado a través de la pila de componentes, los iones cargados se extraen de la resina y se atraen hacia los respectivos electrodos de carga opuesta. De esta manera, estas especies cargadas de iones fuertes se eliminan continuamente y se transfieren a los compartimentos de concentración adyacentes.

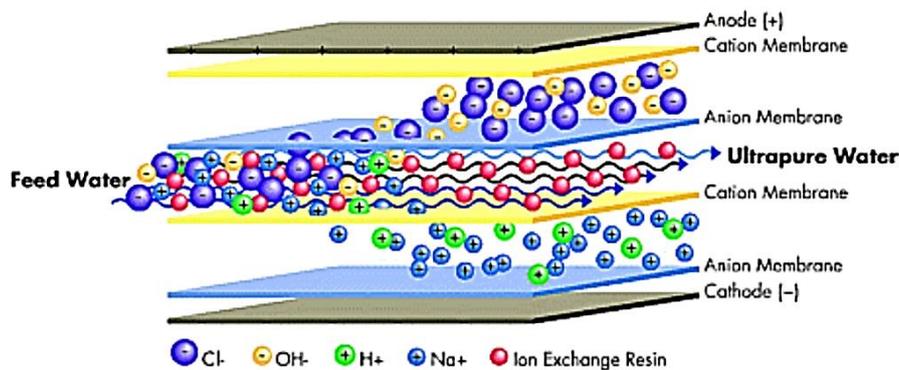
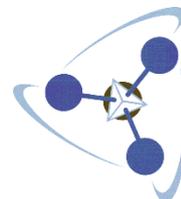


Figura 6.14. Representación del funcionamiento de un sistema EDI.

Fuente: Lenntech.com

A medida que los iones van hacia la membrana, pueden pasar a través de la cámara de concentración, pero no pueden llegar al electrodo. Están bloqueados por la membrana contigua, que contiene una resina con la misma carga.

A medida que se eliminan los iones fuertes de la corriente del proceso, la conductividad de la corriente se vuelve bastante baja. El fuerte potencial eléctrico aplicado divide el agua en la superficie de las perlas de resina, produciendo iones de hidrógeno e hidroxilo. Éstos actúan como agentes regeneradores continuos de la resina de intercambio iónico. Estas resinas regeneradas permiten la ionización de especies acuosas neutras o débilmente ionizadas como el dióxido de carbono o la sílice. A la ionización le sigue la eliminación a través de la corriente continua y las membranas de intercambio iónico.



Las reacciones de ionización que ocurren en la resina en forma de hidrógeno o hidróxido para la eliminación de compuestos débilmente ionizados se enumeran a continuación:

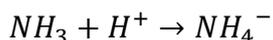
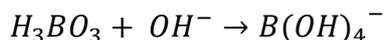
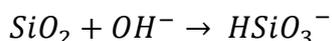
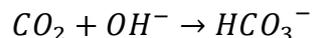


Figura 6.15. Equipo de EDI de Lenntech.

Fuente: Lenntech.com

6.4.4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

6.4.4.1. Bomba de extracción de agua de mar

Considerando que el agua de mar se encuentra cargada de sólidos en suspensión y partículas abrasivas, además de que el caudal de que el caudal requerido para la alimentación del sistema de desalinización es de 22,67 m³/h, la bomba seleccionada pertenece a la empresa Aiguapres y es apta para las condiciones del agua de mar.



Figura 6.16. Bomba de alimentación electrosumergible TEX-D2.

Fuente: Aiguapres bombas

Tabla 6.5. Especificaciones técnicas bomba de alimentación.

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Modelo | TEX-D2 |
| Marca | Aiguapres |
| Potencia | 2 HP |
| Caudal máximo | 24 m ³ /h |
| Presión de admisión | 13,4 m = 1,31 bar |
| Material cuerpo de bomba | Fundición |
| Material difusor | Fundición |
| Material impulsor | Latón |

Fuente: Aiguapres bombas.

6.4.4.2. Pretratamiento y ósmosis inversa

Para calcular la dimensión de los equipos, se tomó el valor de consumo de agua del electrolizador Silyzer 300 provisto por su fabricante. Este especifica que con 10 litros de agua se produce 1 kilogramo de hidrógeno, por lo tanto, asumiendo por simplicidad que la densidad del agua desalinizada es 1 kg/L, se concluye que se requieren 10 kilogramos de agua tratada por cada kilogramo de hidrógeno.

Luego, el valor máximo de producción de hidrógeno es de 16,32 toneladas/día, es decir, que la cantidad de agua requerida en un día para producir dicha cantidad es de 163,2 toneladas. Considerando la densidad anteriormente mencionada, se obtiene:

$$\text{Volumen de agua tratada} = \frac{163200 \frac{\text{kg}}{\text{d}} \text{H}_2\text{O}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 163,2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \text{H}_2\text{O}$$

Se seleccionaron para el tratamiento de agua 2 unidades contenerizadas de desalación de agua de mar, fabricadas por la empresa Lenntech, con una capacidad de producción de 100 m³/día cada una.

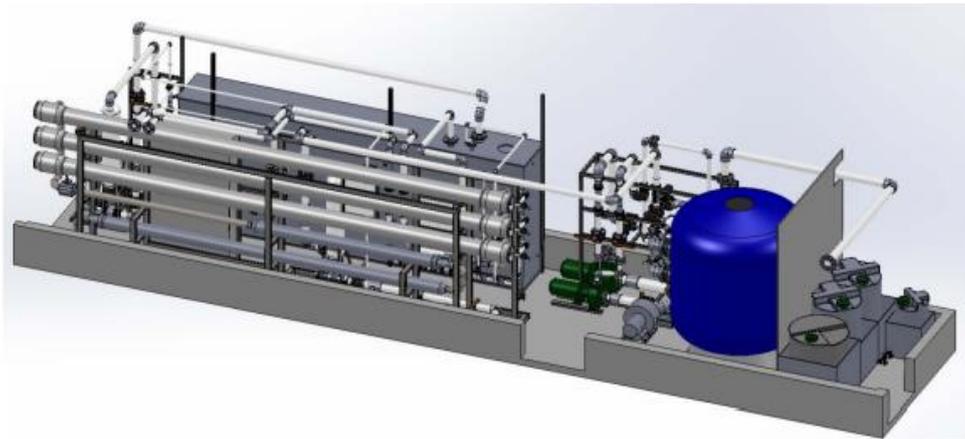


Figura 6.17. Esquema del sistema de desalinizado provisto por Lenntech.

Fuente: Lenntech.com

En la Tabla 6.6, se indicarán las especificaciones técnicas relevantes para el diseño de la planta de desalinización.

Tabla 6.6. Especificaciones técnicas del equipo de desalinización de Lenntech.

| Pretratamiento | |
|---|-------------------------------------|
| N° de filtros | 2 |
| Diámetro [mm] | 780 |
| Altura [mm] | 2139 |
| Caudal alimentación [m ³ /h] | 14 |
| Medio de filtración | 30% antracita, 60% arena, 10% grava |
| Altura medio filtrante [mm] | 1000 |
| Ósmosis inversa | |
| Caudal alimentación [m ³ /h] | 14 |
| Recuperación | 30% |
| Presión de trabajo [bar] | 56 |
| N° de membranas | 6 |
| Agua de entrada [STD] | 35000 - 38000 ppm |
| Agua salida [STD] | 100 - 300 ppm |
| Dureza salida | 5 - 10 ppm CaCO ₃ |

Fuente: Catálogo Lenntech.

6.4.4.3. Balance de masa general del sistema de Ósmosis inversa

Considerando que la tasa de recuperación de los equipos es del 30%, y sabiendo que la cantidad de agua tratada requerida por el electrolizador es de 6800 kg/h, el balance de masa del equipo de ósmosis será el que se muestra en la Figura 6.18.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

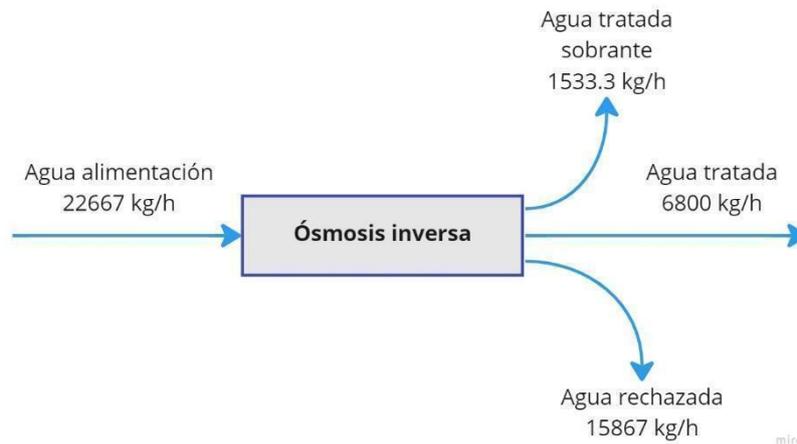


Figura 6.18. Balance de masa del sistema de tratamiento de agua.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.4. Equipo de Electrodesionización

Considerando que el caudal a tratar es de 6,8 m³/h, y que estos equipos prácticamente no generan corrientes de desecho, se selecciona también un modelo de EDI perteneciente a Lenntech.

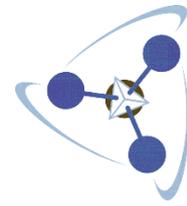
| Model reference | Flow |
|-------------------|--------------------------|
| LT-EDI-Polix-5 | 2-5 m ³ /h |
| LT-EDI-Polix-10 | 5-10 m ³ /h |
| LT-EDI-Polix-20 | 10-20 m ³ /h |
| LT-EDI-Polix-40 | 20-40 m ³ /h |
| LT-EDI-Polix-60 | 40-60 m ³ /h |
| LT-UEDI-Polix-100 | 60-100 m ³ /h |

Figura 6.19. Selección del equipo de EDI.

Fuente: Lenntech.com

6.4.4.5. Exceso de agua tratada

Como puede apreciarse, la planta de desalinización produce más agua que la que el proceso requiere, por lo tanto, parte de ese exceso de agua tratada será almacenada, y otra parte será vendida.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Se tiene que el sistema de ósmosis inversa produce 200 m³/d y que el proceso consume 163,2 m³/d. A partir de lo anterior, se restan ambas cantidades para conocer los datos diarios del flujo másico de agua sobrante, dando así un valor de 36,8 m³/d. Con estos datos, se calcula la cantidad de agua mensual que sobra en la planta de desalinización.

Tabla 6.7. Volumen de agua sobrante de la planta de desalinización.

| Mes | Días hábiles | Agua sobrante [m ³] |
|-------------------|--------------|---------------------------------|
| Enero | 18 | 662.4 |
| Febrero | 28 | 1030.4 |
| Marzo | 31 | 1140.8 |
| Abril | 30 | 1104 |
| Mayo | 31 | 1140.8 |
| Junio | 30 | 1104 |
| Julio | 31 | 1140.8 |
| Agosto | 31 | 1140.8 |
| Septiembre | 30 | 1104 |
| Octubre | 31 | 1140.8 |
| Noviembre | 30 | 1104 |
| Diciembre | 19 | 699.2 |
| Total | 340 | 12512 |

Fuente: Elaboración propia.

Para saber cuántos estanques de agua desalinizada se necesitan para el proyecto, se procede a hacer el siguiente cálculo:

1. Calcular la cantidad de agua sobrante por mes.
2. Se define que se venderá semanalmente el agua sobrante de la planta de desalinización, por lo tanto, se diseña el almacenamiento de la misma para que tenga capacidad de almacenamiento de una semana. Considerando que el exceso de agua diario es de 36,8 m³/d y que una semana tiene 7 días, entonces el agua sobrante semanal a almacenar será de 257,6 m³.

A partir de lo anterior, se define el tanque de almacenamiento a utilizar como reservorio del agua tratada.



Tabla 6.8. Especificaciones técnicas tanque de almacenamiento de agua.

| | |
|----------------------|--------------------|
| Marca | Synertech |
| Capacidad | 276 m ³ |
| Altura | 3 metros |
| Diámetro | 10,8 metros |
| Tipo de construcción | In situ |
| N° de placas | 15 |
| Material | Acero inoxidable |

Fuente: Synertech.



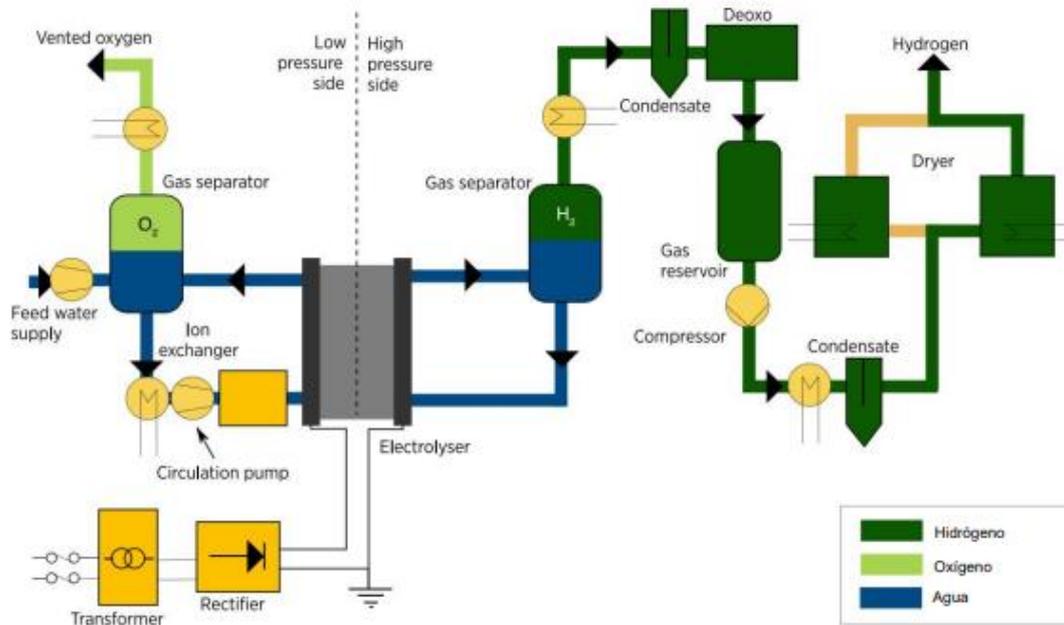
Figura 6.20. Ejemplo de tanque de almacenamiento de agua de la empresa Synertech.

Fuente: Synertech.

6.5. PROCESO DE ELECTRÓLISIS

La configuración de los sistemas PEM es bastante sencilla. Generalmente, requieren del uso de bombas de circulación, intercambiadores de calor, controles de presión y monitoreo sólo del lado del ánodo. En el caso del lado del cátodo, sólo se requiere un separador de gas, un equipo de desoxigenación para eliminar el oxígeno remanente, un secador de gas y un compresor final. Cabe destacar que, como se mencionó en el Capítulo 3, todos estos elementos son provistos con la compra del electrolizador.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”



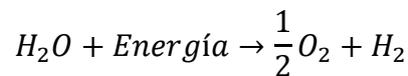
Nota: Esta configuración es para un sistema genérico y podría no ser representativa de todos los fabricantes existentes.

Figura 6.21. Diseño de sistema típico y balance de planta para un electrolizador PEM.

Fuente: IRENA Green Hydrogen Cost.

Es importante agregar que el oxígeno producido será almacenado y vendido como un subproducto de la planta, por lo que se procede a calcular cuál será la producción de oxígeno en el proceso.

Recordando la reacción de electrólisis:



Por cada kmol de hidrógeno producido, se produce medio kmol de oxígeno. Esto, en masa, implica que por cada 2 kilogramos de hidrógeno se producen 16 kilogramos de oxígeno. Considerando una producción de 680 kg/h de hidrógeno, se obtiene:

$$\text{Producción horaria } O_2 = 680 \frac{kg}{h} H_2 * \frac{16 kg O_2}{2 kg H_2} = 5440 \frac{kg}{h} O_2$$

En volumen:

$$\text{Producción horaria de } O_2 = \frac{5440 \frac{kg}{h}}{1,429 \frac{kg}{m^3}} = 3806,9 m^3/h$$

6.6. ALMACENAMIENTO DE LOS GASES PRODUCIDOS

La planta de almacenamiento consiste en, primero comprimir el oxígeno y el hidrógeno por separado en sus respectivos compresores y luego, almacenar la producción de una semana de estos gases en tanques de almacenamiento para luego ser vendida. Para la compresión de los gases se requiere una cantidad considerable de energía eléctrica, la cual será extraída también del parque eólico IDUN I, que abastece al proceso de electrólisis.

6.6.1. HIDRÓGENO

6.6.1.1. Compresión

La compresión del hidrógeno producido por la planta de electrólisis se realizará con una tecnología de compresión modelo Hiperbaric 1 KS 95 perteneciente a la empresa española Hiperbaric. Se trata del módulo de la Figura 6.22, que cuenta con los siguientes componentes: un cilindro multiplicador en dos etapas, un sistema hidráulico, un sistema de refrigeración para optimizar la compresión, un circuito de venteo, instrumentación y panel de control y un circuito neumático.



Figura 6.22. Módulo compresor de hidrógeno de Hiperbaric.

Fuente: Hiperbaric.com

En la Tabla 6.9 se muestran las especificaciones técnicas más relevantes de este equipo.

Tabla 6.9. Especificaciones técnicas más relevantes de este equipo.

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Modelo | Hiperbaric 1 KS 95 |
| Presión de admisión | 20 bar |
| Presión de salida | 950 bar |
| Caudal | 50 kg/h |
| N° de etapas | 2 |
| Temperatura de salida | <40°C |
| Superficie ocupada | 6 m ² por unidad |

Fuente: Hiperbaric.com

Como cada módulo compresor tiene un caudal máximo de 50 kg/h, se requiere un total de 14 módulos conectados en paralelo para suplir la demanda de compresión de 680 kg/h de hidrógeno.

Una ventaja de usar esta tecnología para comprimir el hidrógeno es que utiliza un compresor hidráulico de pistón que funciona sin lubricación, de modo de mantener la pureza del gas. Además, es seguro y confiable gracias al sistema de venteo que monitoriza, evacua y detiene el compresor ante cualquier posible fuga.

6.6.1.2. Almacenamiento

Los tanques donde se almacenará el hidrógeno es un “Air Storage Tank” de la empresa china STRENGTH Equipments, exhibidos en la Figura 6.23. Se hace el supuesto de que se debe almacenar la producción de una semana. Se conoce que el valor de la densidad del hidrógeno a 950 bares es de 46,9 kg/m³, por lo que, con este dato y asumiendo conservación de masa después de la compresión, se calcula que el caudal máximo obtenido diariamente es de 348 m³/día y el caudal total a almacenar semanalmente es de 2436 m³.



Figura 6.23. Tanque de almacenamiento de hidrógeno de Strength Equipments.

Fuente: Strength Equipments.

Este tanque tiene una capacidad volumétrica de máximo 300 m³ por lo que se necesitan 9 unidades para almacenar el hidrógeno producido en una semana. Estos tanques, que cuentan con certificación ASME U, toleran presiones de 2 bar hasta 1000 bar, por lo que son idóneos para ser aplicados en este proyecto. El material del tanque es el acero Q345R, que es conveniente ya que soporta altas presiones. Otra característica del Air Storage Tank es que hay variedad de tanques para otros gases además del hidrógeno, entre ellos aire comprimido, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, entre otros.

6.6.2. OXÍGENO

6.6.2.1. Compresión

El caudal de oxígeno máximo producido por la planta de electrólisis es de 3807 m³/h, por lo tanto, este es el caudal de diseño del compresor a elegir. La compresión del oxígeno se realizará con el compresor de la Figura 6.24 perteneciente a la empresa china Wenling Toplong Electrical&Mechanical Co..



Figura 6.24. Compresor de oxígeno de Wenling Toplong Electrical&Mechanical Co..

Fuente: Toplong Compressors.

En la Tabla 6.10 se detallan las especificaciones técnicas de esta tecnología.

Tabla 6.10. Especificaciones técnicas del compresor de oxígeno.

| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| Modelo | Compresor alternativo ow-100/4-8 |
| Presión de admisión | 5 bar |
| Presión de salida | 300 bar |
| Caudal | 800 m ³ /h |
| Consumo de energía | 55 kW |

Fuente: Toplong Compressors.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Como el caudal máximo admitido por estos equipos es de $800 \text{ m}^3/\text{h}$, se requiere un total de 5 equipos funcionando en paralelo para poder tratar todo el caudal de oxígeno producido por la planta de electrólisis.

Análogo al equipo de compresión seleccionado para el hidrógeno, este sistema es oil-free lo que implica que no existe contaminación del gas por aceites lubricantes. Además, es un sistema compacto, de alto rendimiento, y que puede ser refrigerado tanto por agua como por aire.

6.6.2.2. Almacenamiento

De igual manera que en el caso del hidrógeno, se hace el supuesto que se va a almacenar la producción de una semana. Calculando el valor de la densidad del oxígeno a 300 bar y 40°C de temperatura de salida del compresor, se obtiene que esta es de 375 kg/m^3 . Asumiendo nuevamente el principio de conservación de la masa después de la compresión y recordando que la producción diaria de oxígeno era de 130560 kg/d , entonces se obtiene que por día se deben almacenar $348,16 \text{ m}^3$. Por lo tanto, el caudal máximo semanal para almacenar será de $2437,12 \text{ m}^3$, requiriendo así un total de 9 tanques iguales a los utilizados en el almacenamiento de hidrógeno para su almacenamiento.

6.7. BALANCES GLOBALES DEL PROCESO

6.7.1. BALANCE DE MASA

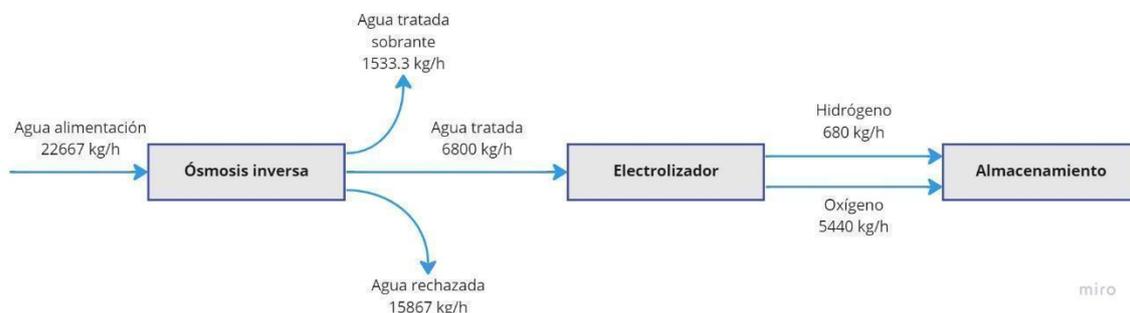


Figura 6.25. Balance de masa global del proceso.

Fuente: Elaboración propia.



6.8. DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

6.8.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la distribución de la planta es de gran importancia, ya que permite lograr una disposición más ordenada y planeada de la maquinaria y equipos, en función de los desplazamientos lógicos de las materias primas y de los productos acabados; de modo que se aprovechen eficazmente el equipo, el tiempo y las aptitudes de los trabajadores.

La finalidad es poder definir dentro de zona donde será emplazado el proyecto y cuál es el espacio que ocuparán las diferentes áreas que conformarán la planta.

El proceso productivo involucra una cierta tecnología que debe permitir la elaboración del producto con especificaciones precisas. En base a esto es posible determinar y optimizar la capacidad de producción en función de la tecnología empleada. Para lograr dicha optimización física de la distribución de la planta, se tiene en cuenta el Diagrama de Recorrido de las materias primas, para disminuirla al mínimo. Mientras menor sea éste recorrido, mayor será la economía de movimientos y de tiempos, aumentando así la eficacia y eficiencia de la empresa. Y, a consecuencia de esto, se logra obviamente mejorar la rentabilidad del proyecto.

Para ello se va a adoptar el tipo de disposición de las máquinas siguiendo la línea del proceso. Se separan algunas partes del proceso en distintos galpones o espacios de exterior según su naturaleza.

Con este diseño todos los sectores de la planta pueden tener alguna de sus paredes hacia el exterior, esto es importante en el caso de posibles futuras ampliaciones, ya que la superficie de cada sector puede agrandarse independientemente de las demás, especialmente los depósitos.

6.8.2. ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En el caso de este tipo de procesos productivos el almacenamiento de materias primas presenta una serie de particularidades que deben tenerse en cuenta a la hora del diseño de los espacios necesarios.

Podemos distinguir entre materias primas sólidas (biomasa) y materias primas líquidas (agua de mar y agua tratada).

La biomasa, como se indicó anteriormente, será almacenada en el patio de biomasa, donde será distribuida de forma tal de formar pilas que no interrumpan el paso de las maquinarias para su transporte. El predio donde será dispuesta tendrá una extensión de 30000 m².

Por el lado de las materias primas líquidas, en el caso del agua de mar, ésta no será almacenada, sino que la misma ingresa de forma directa al sistema de

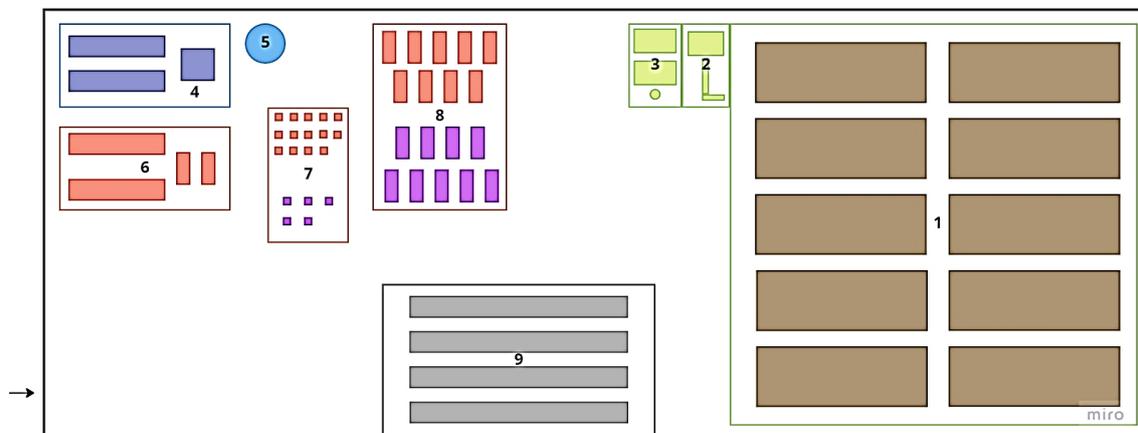
“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

tratamiento. Por otro lado, como se indicó anteriormente, el exceso de agua tratada no consumida por el proceso de electrólisis será almacenada en un tanque cilíndrico de 10,8 metros de diámetro, por lo que la superficie ocupada por el mismo es de 370 m² aproximadamente.

6.8.3. ÁREA DE PRODUCCIÓN

Para realizar el diseño del área de producción se tienen en cuenta todos aquellos equipos necesarios para la elaboración del producto objetivo de este proyecto.

Se tiene en cuenta el espacio ocupado por cada uno de estos equipos (considerando principalmente el área). De igual manera también es importante considerar un espacio libre para poder realizar maniobras propias del funcionamiento cotidiano de la planta, así como también aquellas necesarias para el mantenimiento de los diferentes equipos.



- | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1- Patio de biomasa | 4- Tratamiento de agua | 7- Compresores de H ₂ y O ₂ |
| 2- Tratamiento de la biomasa | 5- Almacenamiento de agua en exceso | 8- Almacenamiento de H ₂ y O ₂ |
| 3- Sistema de la caldera | 6- Zona electrólisis | 9- Almacén general |

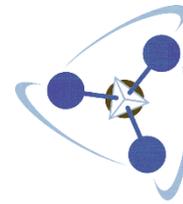
Figura 6.26. Lay out del área de producción.

Fuente: Elaboración propia.

6.8.4. LABORATORIO

6.8.4.1. Consideraciones generales

La disposición del laboratorio debe diseñarse con criterios de eficiencia. Por ejemplo, la distancia que deba recorrer el personal para llevar a cabo las distintas



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

fases de los procesos analíticos ha de ser lo más corta posible, aun teniendo presente que tal vez haya que separar unos procedimientos de otros por motivos analíticos o de seguridad.

Las actividades genéricas pueden definirse como operaciones químicas "por vía húmeda" para las que es necesario disponer de un gran número de bancos fijos dotados de agua, electricidad, sumideros, campanas de humos, estanterías para los reactivos y espacio para la limpieza y almacenamiento del instrumental de vidrio, a diferencia de las "salas de instrumentos", donde son necesarios menos servicios (aunque deberán contar con un suministro adicional de gas por tuberías y tal vez una instalación eléctrica fija) y puede ser suficiente una combinación flexible de mesas/bancos móviles.

Pueden ser necesarias salas especializadas para el trabajo que requiere "aire limpio" (por ejemplo, el relacionado con algunos contaminantes ambientales), o para el trabajo con sustancias que han de manipularse con especial cuidado, por motivos de seguridad o para evitar la contaminación cruzada (por ejemplo, materiales radioactivos y algunas sustancias especialmente tóxicas), o para el almacenamiento y distribución de patrones de compuestos puros que se están analizando a niveles residuales en alguna otra parte del laboratorio. Una sala especializada para operaciones en gran escala o actividades de preparación de muestras en las que se desprende polvo, como por ejemplo molturación, mezcla o agitación, será muy conveniente, sobre todo si se prevé trabajar con analitos heterogéneos.

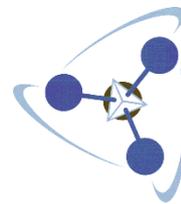
Con arreglo a este criterio, los principales parámetros del diseño son los relacionados con una identificación correcta de las necesidades en lo que respecta a las actividades especializadas y una estimación de las necesidades relativas en lo que respecta a las actividades genéricas de química "por vía húmeda", las que se llevan a cabo en la "sala de instrumentos" y, en su caso, las relacionadas con la "microbiología de los alimentos", cuando se realizan en los mismos locales, como sucede a menudo.

Para facilitar una rápida evacuación en caso de incendio o cualquier otra emergencia, deben preverse por lo menos dos entradas/salidas en cada habitación, siempre que sea posible.

6.8.4.2. Dimensiones

Para la determinación de las dimensiones necesarias para poder realizar un correcto control de la calidad del proceso se comparan con plantas de similares características.

Con este criterio se concluye que se instalará un laboratorio de 15 metros de largo y 10 metros de ancho. Esto supone un área de 150 metros cuadrados.



6.8.5. EDIFICIOS AUXILIARES

Además de las zonas contempladas para el normal funcionamiento de la planta, se consideran una serie de áreas con distintas utilidades que tienen como fin brindar mejores condiciones laborales a los empleados de la empresa.

6.8.5.1. Estacionamiento

Se selecciona una zona para resguardar los vehículos de los empleados, que además sirve como punto de reunión en caso de emergencias.

Este estacionamiento es de 20 metros de ancho y 30 metros de largo, con capacidad para albergar a aproximadamente 40 vehículos.

6.8.5.2. Comedor

Si bien los turnos de trabajo están distribuidos de manera tal que no es necesario que los empleados tengan las comidas básicas diarias dentro de la planta, se planea la construcción de un comedor donde reciban el refrigerio correspondiente.

Con este fin se dimensiona un área de 100 m².

6.8.5.3. Sanitarios y vestidores

Dentro de las normativas laborales, se exige la construcción de sanitarios para satisfacer las necesidades básicas de los empleados.

En el lote perteneciente a la planta un área de 60 m² es destinada a la construcción de sanitarios y vestidores.

6.8.6. OFICINAS ADMINISTRATIVAS

Como se plantea en el capítulo 5 “Localización”, la planta está ubicada en un parque industrial en la zona de San Antonio Oeste. Es por ello, que un área del lote dentro de éste, que corresponde a la empresa, se debe destinar fundamentalmente a tareas productivas, a fin de lograr un máximo aprovechamiento de los beneficios de este tipo de sectores especialmente preparados para estos fines.

En el sector de la planta, sólo se instalarán oficinas en un total de 50 m² para la realización de tareas principalmente de recepción y planeamiento.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

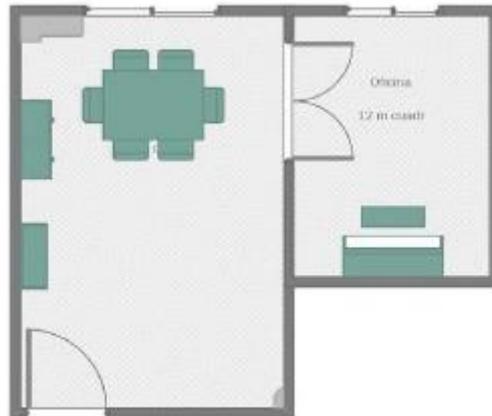


Figura 6.27. Representación de las oficinas.

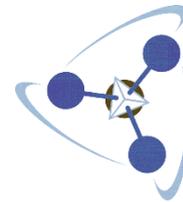
Fuente: blog.soporteto.net

Atendiendo a esta situación, se decide que el lugar destinado a tareas administrativas será en la zona céntrica de la ciudad de San Antonio Oeste.

6.8.7. DISTRIBUCIÓN GENERAL

En base a lo definido a lo largo del capítulo, se concluye que para el funcionamiento total de la planta se necesita un lote de aproximadamente 100.000 m² de superficie, es decir, una extensión de 10 hectáreas. La gran extensión es debida al importante almacenamiento de biomasa que se requiere para el funcionamiento del sistema de generación de energía eléctrica.

En la Figura 6.28 se muestra de forma esquemática la distribución elegida para llevar a cabo el proyecto de producción de hidrógeno a partir de biomasa.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

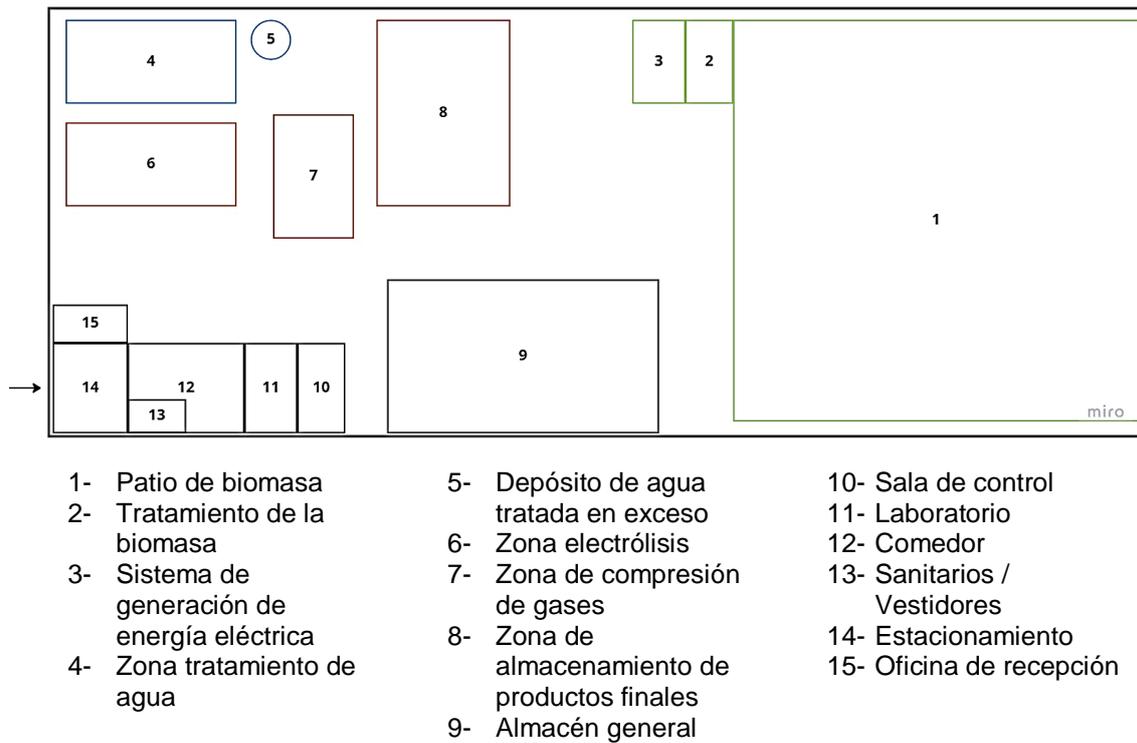


Figura 6.28. Lay out general de la planta.

Fuente: Elaboración propia.



7. ASPECTOS ORGANIZACIONALES

7.1. INTRODUCCIÓN

La finalidad de la organización es poder enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección, toda la información que le permitirá desenvolverse como tal. Para desarrollar una estructura organizacional, se agrupan y clasifican las actividades de la empresa con el fin de poder administrarla.

El objetivo de este capítulo es presentar los criterios analíticos que permitan enfrentar de mejor manera el análisis de los aspectos organizacionales de un proyecto, los procedimientos administrativos y sus consecuencias económicas en los resultados de la evaluación.

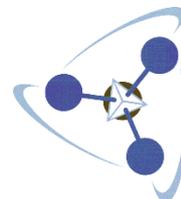
Debido a las características específicas y únicas de cada proyecto de inversión, es que se debe definir una estructura organizativa acorde con los requerimientos que exija la ejecución de dicho proyecto.

Para establecer una estructura de organización planeada, se clasifica y se agrupa las actividades de la empresa con el fin de realizar una correcta administración de la misma. En otras palabras, el objetivo de la organización es enviar instrucciones a los miembros operantes, recibir y transmitir a la dirección la información que le permitirá funcionar de manera inteligente.

7.2. PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN

Para que una organización tenga una estructura sólida hay que tener en cuenta los siguientes principios generales:

- Separación de funciones de la empresa.
- Establecer las subdivisiones lógicas en la línea de trabajo de esas funciones para que no se solapen o choquen y de tal modo que ningún individuo reciba órdenes directas de más de una persona.
- Especificación neta de cada tarea directiva, en todo el orden sucesivo de los diferentes niveles de la dirección, con el fin de evitar la responsabilidad compartida.
- Delegación apropiada y adecuada de la autoridad a cada miembro en el orden
- Directivo de su sección, de acuerdo al nivel que ocupa en la dirección.
- Selección para cada cargo en el orden selectivo y por cada nivel de éste del individuo más apropiado y conveniente.



7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ORGANIZACIÓN

7.3.1. RAZÓN SOCIAL Y FUNCIONES DE LA EMPRESA

BioH₂ S.A es una compañía productora de hidrógeno, el cual es un producto químico final.

7.3.2. CONSTITUCIÓN LEGAL

BioH₂ S.A es una empresa ubicada en San Antonio Oeste, en la provincia de Río Negro.

Su actividad comercial inicia en el año 2023, relacionada desde sus inicios en la industria química.

Busca consolidarse como empresa líder en el mercado nacional de hidrógeno.

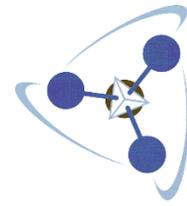
7.3.3. ORGANIGRAMA, DATOS SOCIALES, TRIBUTARIOS Y COMERCIALES

- País: Argentina
- Tipo de perfil: Empresa
- CUIT: 29-98839728-3
- Actividad principal: venta al por mayor a cambio de una retribución o por contrato.
- Actividad principal AFIP: 202908 Fabricación de productos químicos n.c.p.
- Perfil de comercialización: mayorista
- Fecha de contrato social: 12/02/2022
- Cantidad de empleados: 97
- Domicilio de la sede social: O'Higgins y Pte J.Figueroa Alcorta-SAO- Parque Industrial viejo, San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro.
- Teléfono: +54 (293) 432-8819
- Facturación estimada anual: U\$D 127.322.400

7.4. ORGANIGRAMA

Requisitos fundamentales:

- La organización tiene que crearse alrededor de funciones y no de individuos.
- Las funciones estrechamente relacionadas deben colocarse bajo un mismo epígrafe.



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

Pueden combinarse algunos deberes con otros que estén tan relacionados con ellos como sea posible de modo que cada grupo pueda ser manejado por una sola persona.

No debe hacerse ningún nombramiento que permita que dos individuos crucen la línea de autoridad y choquen. La autoridad y responsabilidad que acompañan a cada función y subfunción deben limitarse en el manual de organización.

Dentro del esquema de organización de la empresa no se consideran servicios esenciales como salud, limpieza, higiene y seguridad, comedor y seguridad. Esto se debe a que dichos servicios serán tercerizados por la empresa, por lo cual no formarán parte de la planta de personal de la empresa.

De manera similar, por cuestiones estratégicas se decide tercerizar un departamento esencial como es el de recursos humanos. Esta decisión se basa principalmente en la existencia de empresas especializadas en el manejo de estos recursos por lo que pueden llevar a una optimización del funcionamiento de la organización en lo que está relacionado con estas funciones.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

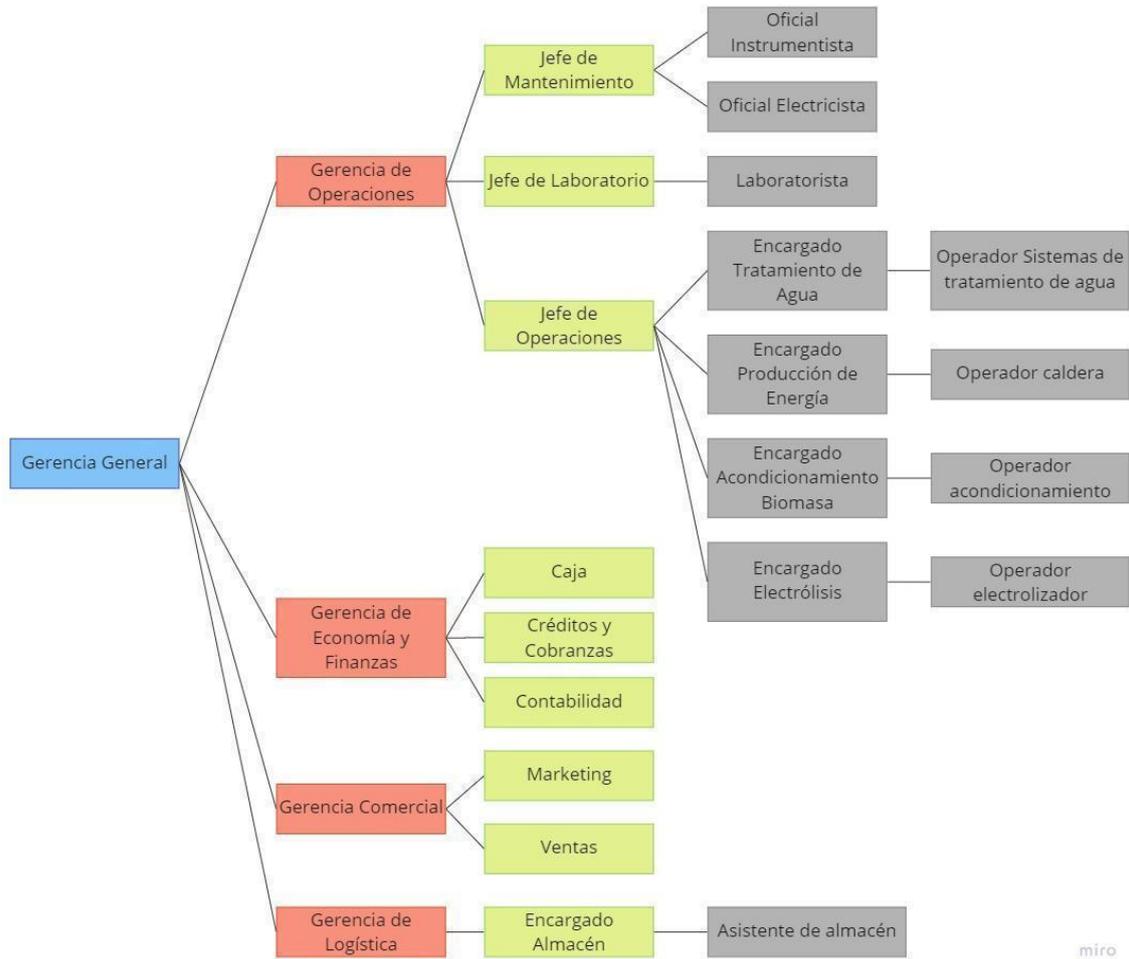
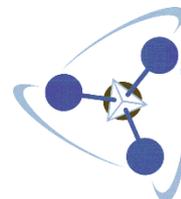


Figura 7.1. Organigrama de la empresa.

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1. FICHAS DE FUNCIÓN

Para los distintos puestos se establecerán las distintas tareas a realizar, perfiles de puesto y las líneas de mando, definidas anteriormente en el organigrama.



7.4.1.1. Gerencias

7.4.1.1.1. Gerencia General

Tabla 7.1. Ficha de función Gerente General.

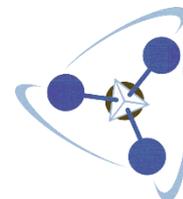
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|---|
| ÁREA | Gerencia General |
| SECTOR | Gerencia General |
| FUNCIÓN | Gerente General |
| SUPERVISA A | Gerente de operaciones, economía y finanzas, comercial y de logística |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Liderar la gestión estratégica | |
| Liderar la formulación y aplicación del plan de negocios | |
| Alinear a las distintas Gerencias | |
| Definir políticas generales de administración | |
| Desarrollar y mantener relaciones político-diplomáticas con autoridades y reguladores | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Profesional en áreas administrativas o afines | |
| Expresión oral y escrita en idioma inglés | |
| Búsqueda y cierre de negocios | |
| Capacidad de liderazgo | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.1.2. Gerencia de Operaciones

Tabla 7.2. Ficha de función Gerente de Operaciones.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|---|
| ÁREA | Gerencia de Operaciones |
| SECTOR | Gerencia de Operaciones |
| FUNCIÓN | Gerente de Operaciones |
| SUPERVISADO POR | Gerente General |
| SUPERVISA A | Jefes de Mantenimiento, Laboratorio y Operaciones |
| REPORTA A | Gerente General |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Planificar y supervisar el trabajo de los distintos operarios | |
| Supervisar los procesos de producción | |
| Gestionar recursos materiales | |
| Gestionar recursos humanos | |
| Diseñar mejoras del proceso | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Ingeniero químico o ingeniero industrial | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|--------------------------------|
| Capacidad de trabajo en equipo |
| Capacidad de análisis |
| Capacidad de liderazgo |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.1.3. Gerencia de Economía y Finanzas

Tabla 7.3. Ficha de función Gerente de Economía y Finanzas.

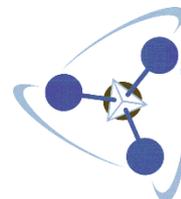
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|--|
| ÁREA | Gerencia de Economía y Finanzas |
| SECTOR | Gerencia de Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Gerente de Economía y Finanzas |
| SUPERVISADO POR | Gerente General |
| SUPERVISA A | Caja, Contabilidad, Créditos y Cobranzas |
| REPORTA A | Gerente General |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Programar, organizar, dirigir, controlar y supervisar las actividades de personal, tesorería, contabilidad y costos, logística y servicios internos | |
| Administrar y supervisar los fondos y valores financieros de la municipalidad, canalizando los ingresos y efectuando los pagos correspondientes por los compromisos contraídos de conformidad con las normas que rigen el Sistema de la Tesorería | |
| Supervisar el registro de ingresos y gastos en los aplicativos aprobados del estado | |
| Administrar los bienes, recursos materiales y humanos orientados a la dotación de servicios generales que requieran las diferentes áreas de la unidad | |
| Formular, actualizar y proponer la normatividad interna de su competencia | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Administración Comercial o equivalente | |
| Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos | |
| Habilidades para desarrollar métodos y procedimientos de trabajo | |
| Capacidad de liderazgo | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.1.4. Gerencia Comercial

Tabla 7.4. Ficha de función Gerente Comercial.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|------------------|--------------------|
| ÁREA | Gerencia Comercial |
| SECTOR | Gerencia Comercial |
| FUNCIÓN | Gerente Comercial |
| SUPERVISADO POR | Gerente General |
| SUPERVISA A | Marketing, Ventas |
| REPORTA A | Gerente General |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | |
|--|---------------|
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Marcar los objetivos concretos a toda la fuerza comercial a su cargo | |
| Saber resolver problemas comerciales y/o de marketing | |
| Elaborar las previsiones de ventas junto al departamento de marketing | |
| Diseñar las estrategias | |
| Establecer la política de precios junto al departamento de operaciones y marketing | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Administración Comercial o equivalente | |
| Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos | |
| Habilidades para desarrollar métodos y procedimientos de trabajo | |
| Capacidad de liderazgo | |

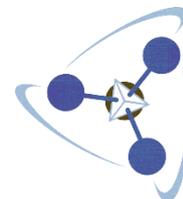
Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.1.5. Gerencia de Logística

Tabla 7.5. Ficha de función Gerente de Logística.

| | |
|---|-----------------------|
| FICHA DE FUNCIÓN | |
| ÁREA | Gerencia de Logística |
| SECTOR | Gerencia de Logística |
| FUNCIÓN | Gerente de Logística |
| SUPERVISADO POR | Gerente General |
| SUPERVISA A | Encargado de Almacén |
| REPORTA A | Gerente General |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Planificar la estrategia para las actividades de suministro de la empresa (transporte, almacenaje, distribución) con el fin de garantizar la satisfacción del cliente | |
| Desarrollar y aplicar procedimientos operativos para recibir, manejar, almacenar y enviar mercancías y materiales | |
| Coordinar y controlar los procesos logísticos | |
| Mantenerse al día y reaccionar a las influencias externas, como la legislación, las normas relevantes y las necesidades de los clientes | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Administración Comercial o equivalente | |
| Conocimiento de leyes, normas y reglamentos que rigen los procesos administrativos | |
| Habilidades para desarrollar métodos y procedimientos de trabajo | |
| Capacidad de liderazgo | |

Fuente: Elaboración propia.



7.4.1.2. Gerencia de Operaciones

7.4.1.2.1. Jefe de mantenimiento

Tabla 7.6. Ficha de función Jefe de Mantenimiento.

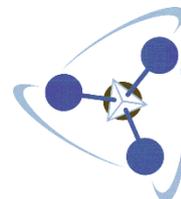
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|---|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Mantenimiento |
| FUNCIÓN | Jefe de Mantenimiento |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Operaciones |
| SUPERVISA A | Oficiales instrumentistas, electricistas y con oficio |
| REPORTA A | Gerente de Operaciones |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Supervisa el mantenimiento de las instalaciones | |
| Suministra al personal los materiales y equipos necesarios para realizar las tareas asignadas | |
| Elabora y presenta los reportes estadísticos referidos a aspectos de su competencia | |
| Detecta fallas, dificultades y/o problemas que se presenten durante la ejecución del trabajo y decide la mejor solución | |
| Elabora informes periódicos de las actividades realizadas | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Ingeniero Civil o Industrial o carrera afín al área donde va a desempeñarse | |
| Habilidad para dar órdenes e instrucciones en forma clara y precisa en forma oral y escrita | |
| Habilidad para estimar tiempo, materiales y costos de trabajo de mantenimiento y reparación | |
| Capacidad de liderazgo | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.2. Oficial instrumentista

Tabla 7.7. Ficha de función Oficial Instrumentista.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Mantenimiento |
| FUNCIÓN | Oficial instrumentista |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Mantenimiento |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Jefe de Mantenimiento |
| CATEGORÍA | A 3 |
| DEBERES | |
| Calibra equipos de control | |
| Diseña modificaciones de circuitos electrónicos que accionen instrumentos o mecanismos eléctricos | |
| Reparación de equipos de alta complejidad | |
| Puesta a punto de los instrumentos de control de procesos y servicios industriales | |
| Elabora informes periódicos de las actividades realizadas | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| PERFIL DEL PUESTO |
|--------------------------------------|
| Técnico electrónico o similar |
| Criterio eléctrico y mecánico |
| Capacidad de resolución de problemas |
| Capacidad de trabajo en equipo |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.3. Oficial electricista

Tabla 7.8. Ficha de función Oficial Electricista.

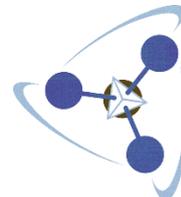
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|-----------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Mantenimiento |
| FUNCIÓN | Oficial electricista |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Mantenimiento |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Jefe de Mantenimiento |
| CATEGORÍA | A 1 |
| DEBERES | |
| Realiza tendido de líneas y cañerías eléctricas | |
| Realiza reparado de circuitos de iluminación | |
| Repara averías eléctricas y reparaciones menores de motores eléctricos | |
| Interpretación de planos | |
| Trabajar en sistemas de generación de corriente eléctrica y otros elementos eléctricos | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Técnico electrónico o similar | |
| Criterio eléctrico y mecánico | |
| Capacidad de resolución de problemas | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.4. Jefe de laboratorio

Tabla 7.9. Ficha de función Jefe de Laboratorio.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|------------------|------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Laboratorio |
| FUNCIÓN | Jefe de Laboratorio |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Operaciones |
| SUPERVISA A | Laboratorista |
| REPORTA A | Gerente de Operaciones |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|---|
| Realizar y/o supervisar las actividades de control del laboratorio |
| Garantizar los niveles de calidad definidos de las muestras analizadas |
| Definir y revisar los procesos y procedimientos utilizados |
| Proponer acciones de mejora en los casos que fuera necesario |
| Asegurar la eficiencia en el uso del equipamiento y la calidad de los productos |
| PERFIL DEL PUESTO |
| Analista de laboratorio o similar |
| Manejo de software específico |
| Capacidad de evaluación de resultados |
| Capacidad de liderazgo |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.5. Laboratorista

Tabla 7.10. Ficha de función Laboratorista.

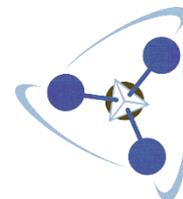
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|---------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Laboratorio |
| FUNCIÓN | Laboratorista |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Laboratorio |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Jefe de Laboratorio |
| CATEGORÍA | A 2 |
| DEBERES | |
| Tomar y preparar las muestras a analizar | |
| Preparación de los materiales y sustancias necesarias para los ensayos | |
| Realizar investigaciones de estudios, ensayos, experimentos y análisis en el campo correspondiente según instrucciones del jefe de laboratorio | |
| Elaborar inventarios de acuerdo a las necesidades | |
| Controla el orden y limpieza del lugar de trabajo | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Técnico químico o similar | |
| Manejo de software específico | |
| Capacidad de realizar inventarios | |
| Prolijidad y orden | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.6. Jefe de Operaciones

Tabla 7.11. Ficha de función Jefe de Operaciones.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|------------------|-------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Operaciones |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | |
|---|--|
| FUNCIÓN | Jefe de Operaciones |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Operaciones |
| SUPERVISA A | Encargados de Tratamiento de Agua, de Producción de Energía, de Acondicionamiento de Biomasa y de Electrólisis |
| REPORTA A | Gerente de Operaciones |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Gestionar los recursos internos del proceso | |
| Integrar todos los procesos internos | |
| Supervisar las líneas de producción, ajustes y mejoras puntuales | |
| Coordinar labores del personal. Controlar la labor de los supervisores de áreas y del operario en general | |
| Emitir informes, analizar resultados, generar reportes de producción que respalden la toma de decisiones | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Ingeniero de procesos o similar | |
| Buena comunicación y orientación al logro de metas | |
| Capacidad de planificación | |
| Capacidad de organización y supervisión del personal | |

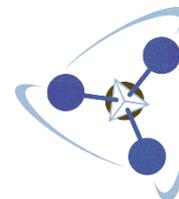
Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.7. Encargado Tratamiento de Agua

Tabla 7.12. Ficha de función Encargado de Tratamiento de Agua.

| | |
|---|---|
| FICHA DE FUNCIÓN | |
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Tratamiento de Agua |
| FUNCIÓN | Encargado de Tratamiento de Agua |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Operaciones |
| SUPERVISA A | Operario de sistemas de tratamiento de agua |
| REPORTA A | Jefe de Operaciones |
| CATEGORÍA | A 3 |
| DEBERES | |
| Supervisar el funcionamiento de los equipos del sector | |
| Supervisar la actuación de operarios a cargo | |
| Analizar parámetros de los equipos | |
| Informar variaciones en las materias primas que van a recibirse | |
| Planificar distribución de tareas dentro del sector | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Técnico con experiencia en el sector | |
| Manejo de software de control de proceso | |
| Capacidad de liderazgo | |
| Criterio para análisis de resultados | |

Fuente: Elaboración propia.



7.4.1.2.8. Operario Sistemas de Tratamiento de Agua

Tabla 7.13. Ficha de función Operador Sistemas de Tratamiento de Agua.

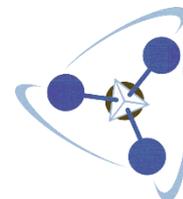
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|---|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Tratamiento de Agua |
| FUNCIÓN | Operador de Sistemas de Tratamiento de Agua |
| SUPERVISADO POR | Encargado de Tratamiento de Agua |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Encargado de Tratamiento de Agua |
| CATEGORÍA | B |
| DEBERES | |
| Accionar controles de los equipos del sector | |
| Registrar parámetros de funcionamiento del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre fallas en los equipos | |
| Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Secundario completo | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |
| Criterio para el manejo de equipos | |
| Conocimiento del sector | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.9. Encargado Producción de Energía

Tabla 7.14. Ficha de función Encargado de Producción de Energía.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|------------------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Producción de Energía |
| FUNCIÓN | Encargado de Producción de Energía |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Operaciones |
| SUPERVISA A | Operario de caldera |
| REPORTA A | Jefe de Operaciones |
| CATEGORÍA | A 3 |
| DEBERES | |
| Supervisar el funcionamiento de los equipos del sector | |
| Supervisar la actuación de operarios a cargo | |
| Analizar parámetros de los equipos | |
| Informar variaciones en las materias primas que van a recibirse | |
| Planificar distribución de tareas dentro del sector | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Técnico con experiencia en el sector | |
| Manejo de software de control de proceso | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|--------------------------------------|
| Capacidad de liderazgo |
| Criterio para análisis de resultados |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.10. Operador de caldera

Tabla 7.15. Ficha de función Operador de caldera.

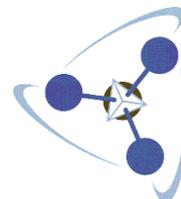
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|------------------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Producción de Energía |
| FUNCIÓN | Operador de caldera |
| SUPERVISADO POR | Encargado de Producción de Energía |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Encargado de Producción de Energía |
| CATEGORÍA | B |
| DEBERES | |
| Accionar controles de los equipos del sector | |
| Registrar parámetros de funcionamiento del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre fallas en los equipos | |
| Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Secundario completo | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |
| Criterio para el manejo de equipos | |
| Conocimiento del sector | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.11. Encargado de Acondicionamiento de Biomasa

Tabla 7.16. Ficha de función Encargado Acondicionamiento de Biomasa.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|---|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Acondicionamiento de Biomasa |
| FUNCIÓN | Encargado de Acondicionamiento de Biomasa |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Operaciones |
| SUPERVISA A | Operario de Acondicionamiento de Biomasa |
| REPORTA A | Jefe de Operaciones |
| CATEGORÍA | A 3 |
| DEBERES | |
| Supervisar el funcionamiento de los equipos del sector | |
| Supervisar la actuación de operarios a cargo | |
| Analizar parámetros de los equipos | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|---|
| Informar variaciones en las materias primas que van a recibirse |
| Planificar distribución de tareas dentro del sector |
| PERFIL DEL PUESTO |
| Técnico con experiencia en el sector |
| Manejo de software de control de proceso |
| Capacidad de liderazgo |
| Criterio para análisis de resultados |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.12. Operador de Acondicionamiento de Biomasa

Tabla 7.17. Ficha de función Operador Acondicionamiento de Biomasa.

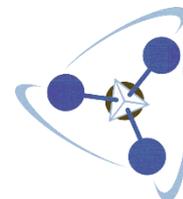
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|---|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Acondicionamiento de Biomasa |
| FUNCIÓN | Operador de Acondicionamiento de Biomasa |
| SUPERVISADO POR | Encargado de Acondicionamiento de Biomasa |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Encargado de Acondicionamiento de Biomasa |
| CATEGORÍA | B |
| DEBERES | |
| Accionar controles de los equipos del sector | |
| Registrar parámetros de funcionamiento del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre fallas en los equipos | |
| Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Secundario completo | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |
| Criterio para el manejo de equipos | |
| Conocimiento del sector | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.13. Encargado de Electrólisis

Tabla 7.18. Ficha de función Encargado de Electrólisis.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|-------------------------|----------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Electrólisis |
| FUNCIÓN | Encargado de Electrólisis |
| SUPERVISADO POR | Jefe de Operaciones |
| SUPERVISA A | Operario de Electrolizador |
| REPORTA A | Jefe de Operaciones |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | |
|---|-----|
| CATEGORÍA | A 3 |
| DEBERES | |
| Supervisar el funcionamiento de los equipos del sector | |
| Supervisar la actuación de operarios a cargo | |
| Analizar parámetros de los equipos | |
| Informar variaciones en las materias primas que van a recibirse | |
| Planificar distribución de tareas dentro del sector | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Técnico con experiencia en el sector | |
| Manejo de software de control de proceso | |
| Capacidad de liderazgo | |
| Criterio para análisis de resultados | |

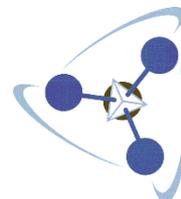
Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.2.14. Operador de electrolizador

Tabla 7.19. Ficha de función Operador de Electrolizador.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|----------------------------|
| ÁREA | Operaciones |
| SECTOR | Electrólisis |
| FUNCIÓN | Operador de Electrolizador |
| SUPERVISADO POR | Encargado de Electrólisis |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Encargado de Electrólisis |
| CATEGORÍA | B |
| DEBERES | |
| Accionar controles de los equipos del sector | |
| Registrar parámetros de funcionamiento del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre la marcha del proceso | |
| Informar al encargado del sector sobre fallas en los equipos | |
| Cumplir con el rol asignado en situaciones de emergencia | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Secundario completo | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |
| Criterio para el manejo de equipos | |
| Conocimiento del sector | |

Fuente: Elaboración propia.



7.4.1.3. Gerencia de Economía y Finanzas

7.4.1.3.1. Caja

Tabla 7.20. Ficha de función Caja.

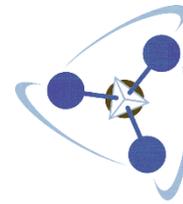
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|--------------------------------|
| ÁREA | Economía y Finanzas |
| SECTOR | Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Caja |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Economía y Finanzas |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Gerente de Economía y Finanzas |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Realizar el informe diario de caja del fondo general, fondo de imprevistos y de matrícula; para establecer el balance | |
| Investigar, analizar y clasificar diariamente los documentos de ingreso para ubicarlos en fondos y cuentas establecidos; de modo que los cheques sean depositados en los fondos que correspondan | |
| Coordinar las acciones de los depósitos de la institución con la empresa | |
| Elaborar y presentar informes diarios y mensuales sobre sumas recaudadas en los diferentes fondos | |
| Arquear y balancear diariamente las cajas de cobro general | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas | |
| Manejo de software específicos | |
| Conocimiento de la legislación aplicable | |
| Destreza en el manejo de formularios y documentos contables | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.3.2. Créditos y cobranzas

Tabla 7.21. Ficha de función Créditos y Cobranzas.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|--------------------------------|
| ÁREA | Economía y Finanzas |
| SECTOR | Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Créditos y Cobranzas |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Economía y Finanzas |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Gerente de Economía y Finanzas |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Establecer los cronogramas, plazos y formas de pago | |
| Realizar el análisis de solvencia y confiabilidad de los clientes y distribuidores | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|--|
| Supervisar la gestión total de créditos de la empresa, así como las de cobranzas |
| Gestionar el cobro de deudores morosos |
| Recomendar los límites de endeudamiento para los clientes, los límites de créditos como de los plazos de pagos |
| PERFIL DEL PUESTO |
| Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas |
| Manejo de software específicos |
| Conocimiento de la legislación aplicable |
| Destreza en el manejo de formularios y documentos contables |

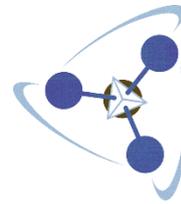
Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.3.3. Contabilidad

Tabla 7.22. Ficha de función Contabilidad.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|--------------------------------|
| ÁREA | Economía y Finanzas |
| SECTOR | Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Contabilidad |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Economía y Finanzas |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Gerente de Economía y Finanzas |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Presentar y ejecutar las iniciativas que contribuyen al fortalecimiento de los procesos y servicios de la unidad | |
| Planificar y dirigir el proceso contable de la empresa | |
| Supervisar las funciones relativas a la contabilidad; conciliaciones bancarias y control de activos fijos | |
| Ejecutar los análisis de cuentas que constituyen el registro contable de la empresa | |
| Organizar y mantener el archivo de los documentos que respaldan los registros contables | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Contabilidad, Administración Pública, Administración de Empresas, o Finanzas | |
| Manejo de software específicos | |
| Conocimiento de la legislación aplicable | |
| Destreza en el manejo de formularios y documentos contables | |

Fuente: Elaboración propia.



7.4.1.4. Gerencia Comercial

7.4.1.4.1. Marketing

Tabla 7.23. Ficha de función Marketing.

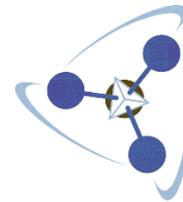
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|---------------------|
| ÁREA | Economía y Finanzas |
| SECTOR | Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Marketing |
| SUPERVISADO POR | Gerente Comercial |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Gerente Comercial |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Desarrollar la marca de la empresa | |
| Establecer estrategias para mantener la competitividad | |
| Planificar, elaborar y gestionar el presupuesto del departamento | |
| Realizar un análisis del entorno | |
| Diseño de presentaciones de los productos | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Licenciado en Marketing o similar | |
| Conocimiento en idiomas | |
| Creatividad y capacidad de innovación | |
| Capacidad de resolución de problemas | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.4.2. Ventas

Tabla 7.24. Ficha de función Ventas.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|---|---------------------|
| ÁREA | Economía y Finanzas |
| SECTOR | Economía y Finanzas |
| FUNCIÓN | Ventas |
| SUPERVISADO POR | Gerente Comercial |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Gerente Comercial |
| CATEGORÍA | Fuera del CCT |
| DEBERES | |
| Preparar planes y presupuestos de venta | |
| Establecer metas y objetivos de mercado de la empresa | |
| Analizar la demanda para pronosticar las ventas | |
| Definir e implementar políticas y procedimientos de ventas | |
| Desarrollar, mantener y mejorar las relaciones con los clientes | |
| PERFIL DEL PUESTO | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|--|
| Licenciado en Administración o similar |
| Manejo de software específicos |
| Creatividad y capacidad de innovación |
| Habilidades administrativas |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.5. Gerencia de Logística

7.4.1.5.1. Encargado de almacén

Tabla 7.25. Ficha de función Encargado de Almacén.

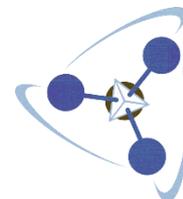
| FICHA DE FUNCIÓN | |
|--|----------------------|
| ÁREA | Logística |
| SECTOR | Almacenamiento |
| FUNCIÓN | Encargado de almacén |
| SUPERVISADO POR | Gerente de Logística |
| SUPERVISA A | Asistente de almacén |
| REPORTA A | Gerente de Logística |
| CATEGORÍA | A |
| DEBERES | |
| Verificar que el material y equipo recibido con la solicitud según la orden de compra | |
| Impartir órdenes para el almacenaje | |
| Realizar la programación de las actividades para recepción, despacho de bienes, equipos y materiales | |
| Diseñar distribución de equipos y materiales en el almacén | |
| Revisar órdenes de compra y remitos de recepción | |
| PERFIL DEL PUESTO | |
| Ingeniero en logística | |
| Manejo de software específicos | |
| Capacidades de ordenamiento espacial | |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1.5.2. Asistente de almacén

Tabla 7.26. Ficha de función Asistente de Almacén.

| FICHA DE FUNCIÓN | |
|------------------|----------------------|
| ÁREA | Logística |
| SECTOR | Almacenamiento |
| FUNCIÓN | Asistente de almacén |
| SUPERVISADO POR | Encargado de almacén |
| SUPERVISA A | |
| REPORTA A | Encargado de almacén |
| CATEGORÍA | B |
| DEBERES | |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| |
|--|
| Registrar y llevar el control de materiales y equipos que ingresan y egresan del almacén |
| Colaborar en la realización de inventarios periódicos |
| Elaborar guías de despacho y órdenes de compras |
| Custodiar la mercancía existente en el almacén |
| Distribuir y movilizar materiales y equipos de la unidad |
| PERFIL DEL PUESTO |
| Capacidad de realización de cálculos numéricos |
| Manejo de software específicos |
| Capacidades de ordenamiento espacial |
| Capacidad de organización |

Fuente: Elaboración propia.

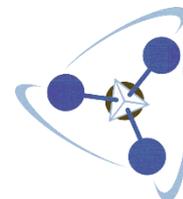
7.4.2. TURNOS DE TRABAJO

Los operarios se desempeñarán en turnos rotativos de ocho horas. Por ello, para los sectores donde se requieren 24 horas de trabajo continuo, se requerirán tres grupos de trabajo. Estos sectores son todos aquellos relacionados a la operación y mantenimiento de la planta, así como también la operación del almacén.

Por otro lado, en los sectores administrativos sólo se necesitan cubrir puestos de ocho horas.

Tabla 7.27. Distribución Personal de la organización.

| Puesto | Trabajadores por puesto | Turnos | Trabajadores necesarios |
|--|-------------------------|--------|-------------------------|
| Gerente General | 1 | 1 | 1 |
| GERENCIA DE OPERACIONES | | | |
| Gerente de Producción | 1 | 1 | 1 |
| Mantenimiento | | | |
| Jefe de mantenimiento | 1 | 1 | 1 |
| Oficial instrumentista | 2 | 3 | 6 |
| Oficial electricista | 2 | 3 | 6 |
| Oficial con oficio | 2 | 3 | 6 |
| Laboratorio | | | |
| Jefe de Laboratorio | 1 | 1 | 1 |
| Laboratorista | 2 | 3 | 6 |
| Operaciones | | | |
| Encargado Tratamiento de Agua | 1 | 1 | 1 |
| Operador Sist. Tratamiento de Agua | 2 | 3 | 6 |
| Encargado Producción de Energía | 1 | 1 | 1 |
| Operador caldera | 3 | 3 | 9 |
| Encargado Electrólisis | 1 | 1 | 1 |
| Operador electrolizador | 2 | 3 | 6 |
| Encargado Acondicionamiento de Biomasa | 1 | 1 | 1 |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | | | |
|--|-----------|---|-----------|
| Operador Acondicionamiento de Biomasa | 6 | 3 | 18 |
| GERENCIA DE ECONOMÍA Y FINANZAS | | | |
| Gerente de Economía y Finanzas | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Caja | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Créditos y Cobranzas | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Contabilidad | 1 | 1 | 1 |
| GERENCIA COMERCIAL | | | |
| Gerente comercial | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Marketing | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Ventas | 1 | 1 | 1 |
| GERENCIA DE LOGÍSTICA | | | |
| Gerente de Logística | 1 | 1 | 1 |
| Encargado de Almacén | 2 | 3 | 6 |
| Asistente de Almacén | 4 | 3 | 12 |
| TOTAL | 43 | | 97 |

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES CARGOS

Los diferentes cargos predeterminados en la Empresa fueron clasificados según las distintas categorías establecidas en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89.

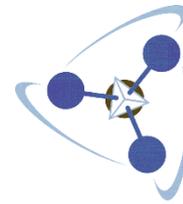
Este convenio de trabajo establece las condiciones de trabajo, beneficios sociales, sueldos y salarios, para el personal de las industrias químicas y petroquímicas, y es de aplicación en todo el territorio de la República Argentina sin que puedan existir quitas zonales sobre el salario de referencia.

A partir de éste, se establece la categorización del personal que se ocupará y las distintas escalas de los sueldos básicos que a cada uno le corresponde.

7.4.4. CONSTITUCIÓN LEGAL DE LA EMPRESA

Constituir legalmente la empresa, permite que ésta sea legalmente reconocida, que califique como sujeto de crédito, que pueda emitir comprobantes de pago, y que pueda producir, comercializar y promocionar sus productos y/o servicios con autoridad y sin restricciones.

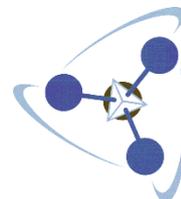
En Argentina, al formar una sociedad comercial se debe tener en cuenta la Ley N° 19.550 “De las sociedades Comerciales”, donde incluye la descripción de las diferentes normas societarias y los beneficios y obligaciones que cada una genera en las partes intervinientes.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 7.28. Diferencias entre una Sociedad Anónima y una Sociedad de Responsabilidad Limitada.

| | Sociedad Anónima S.A. | Sociedad de Responsabilidad Limitada S.R.L. |
|--|--|---|
| ¿Cómo se divide el capital? | Acciones | Cuotas sociales |
| ¿Cuántos socios pueden ser? | 2 o más. Sin límite máximo. | Como mínimo 2 y como máximo 50. |
| ¿Qué responsabilidad patrimonial tiene cada uno de los socios? | Limitada a la integración de las acciones suscritas. | Limitada a la integración de las cuotas que suscriban o adquieran. |
| ¿Qué nombre puede llevar mi sociedad? | Nombre de fantasía o puede incluir el nombre de una o más personas físicas. Debe incluir la expresión "Sociedad Anónima", su abreviatura o la sigla S.A. | Debe incluir el nombre de uno o más socios y debe contener la expresión "Sociedad de Responsabilidad Limitada", su abreviatura o SRL. |
| ¿En qué momento me comprometo a realizar aportes? | Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo. El capital podrá ser inferior a \$12.000. | Totalmente en el momento de la celebración del contrato constitutivo. |
| ¿Cuándo debo comenzar a realizar los aportes en efectivo? | Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años. | Debe integrarse no menos del 25% de los aportes comprometidos en el estatuto, mediante depósito en un banco oficial y completarse dentro de los 2 años. |
| ¿Puedo ceder libremente mis participaciones en la sociedad? | La transmisión de las acciones es libre. El estatuto puede limitar la transmisibilidad de las acciones pero no prohibirla. | Las cuotas son libremente transmisibles, salvo disposición contraria en el contrato, quien puede limitarla pero no prohibirla. |
| ¿Quién debe ejercer la dirección y administración de la sociedad? | El Directorio - Compuesto por uno o más directores designados por la asamblea de accionistas. La representación correspondiente al Presidente del Directorio. | La Gerencia - Formada por uno o más gerentes, socios o no. |
| ¿Necesito tener un órgano controlador, síndico y Comisión Fiscalizadora? | Es optativo, excepto para aquellas empresas que se encuentren comprendidas en el art. 299 de la Ley de Sociedades Comerciales, las cuales están obligadas a poseer un órgano de fiscalización privado. | Es optativo, excepto para aquellas sociedades cuyo capital alcance el monto de \$2.100.000. |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | | |
|---|--|--|
| <p>¿Qué responsabilidad tienen los Síndicos de la sociedad?</p> | <p>Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables los directores por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.</p> | <p>Son ilimitada y solidariamente responsables por el incumplimiento de las obligaciones que les impone la ley, el estatuto y el reglamento. También son responsables los directores por los hechos u omisiones de estos, cuando el daño no se hubiera producido si hubiera actuado de conformidad con las obligaciones de su cargo.</p> |
|---|--|--|

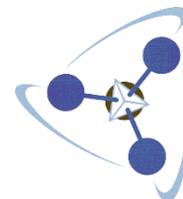
Fuente: servicios.infoleg.gob.ar Ley de sociedades comerciales.

Se opta por la figura de Sociedad Anónima, porque posee una estructura jurídica que la hace especialmente adecuada para llevar a cabo todo tipo de empresas desde pequeñas hasta las de gran magnitud.

En los casos de empresas que trabajan con un gran volumen de negocio y de capital, el declararla como Sociedad Anónima es lo más apropiado.

Se visualizan distintas ventajas con este tipo de sociedad, dentro de las cuales se resaltan las siguientes:

- Es una sociedad abierta, lo que quiere decir que los socios pueden vender libremente sus acciones y, además, la empresa puede cotizar en bolsa.
- Al ser la responsabilidad limitada, se protege el patrimonio personal de los socios ante posibles deudas que puedan crearse.
- La responsabilidad social permite que esta sea solidaria entre los socios.
- Puede ser constituida por un solo socio, sin necesidad de aliarse con nadie.
- Las ganancias obtenidas a través de la sociedad, no están sujetas a impuestos de seguridad social ni de seguros médicos.
- Da muy buena imagen frente al exterior, tanto en respetabilidad ante otras sociedades, como de seriedad ante acreedores, bancos y entidades financieras.
- La administración y gestión la puede realizar una persona o un grupo sin necesidad de que sean socios accionistas, lo que permite una visión independiente sobre la marcha de la empresa.
- Permite una gran movilidad del capital.
- Permite obtener capital de un gran número de personas sin necesidad de conocer sus características personales.



7.4.5. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN DE MICRO, PEQUEÑA O MEDIANA EMPRESA

Para la determinación del tamaño organizacional de la empresa, se tomará como referencia la información brindada por el Banco Central de la República Argentina.

Serán consideradas MiPyME –incluidas las personas humanas evaluadas crediticiamente a base del flujo de fondos generado por su actividad comercial, oficio y/o por el ejercicio profesional, sin distinguir el destino de los fondos– aquellas cuyos valores de ventas totales anuales expresados en pesos no superen los siguientes montos máximos, según el sector de actividad al que pertenezca la empresa, conforme a la definición de actividades del “Clasificador de Actividades Económicas (CLAE) – Formulario N° 883”:

Tabla 7.29. Volumen de ingresos de las empresas según su tamaño.

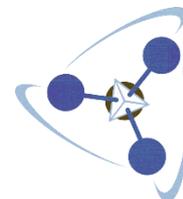
| Categoría | Construcción | Servicios | Comercio | Industria y Minería | Agropecuario |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|
| Micro | 38.830.000 | 20.190.000 | 113.610.000 | 82.730.000 | 47.300.000 |
| Pequeña | 230.400.000 | 121.730.000 | 809.300.000 | 618.160.000 | 174.230.000 |
| Mediana Tramo 1 | 1.285.490.000 | 1.007.530.000 | 3.846.790.000 | 4.399.660.000 | 1.025.360.000 |
| Mediana Tramo 2 | 1.928.020.000 | 1.438.900.000 | 5.495.450.000 | 7.046.710.000 | 1.626.290.000 |

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Central de la República Argentina.

Considerando primeramente una producción de 5548,8 toneladas anuales de hidrógeno, a un precio promedio de 7000 dólares/tn, según estimaciones de la Clean Hydrogen Partnership, con un tipo de cambio actual de \$181/dólares, se tendrá:

$$\text{Ventas anuales estimadas} = 5548,8 \frac{\text{tn}}{\text{año}} * 7000 \frac{\text{U\$S}}{\text{tn}} * 181 \frac{\$}{\text{U\$S}} = 7.030.329.600 \frac{\$}{\text{año}}$$

Como puede observarse, los ingresos estimados por venta, no exceden los valores para una empresa Mediana Tramo 2 en el sector industrial, por lo cual puede establecerse que se trata de una empresa mediana.



8. ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVOS

8.1. ASPECTOS LEGALES

8.1.1. INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo cualquier tipo de actividad que genere o demande interacciones entre diferentes grupos de interés debe estar sujeto a ciertas normas que regulen el comportamiento de las partes que intervienen en ella. Estas normas sirven para sistematizar los derechos y obligaciones que va a tener cada uno de los miembros componentes de la sociedad.

La factibilidad de un proyecto no puede analizarse únicamente desde el aspecto económico. Ya que, si no se apega a las normas legales que van a regir la actividad en el lugar en el cual se lleve a cabo el proyecto, no podrá realizarse por mayor rentabilidad que pueda presentar.

Todas las etapas de análisis, planificación, desarrollo y finalización del proyecto, deben atender a todos los aspectos legales pertinentes. Es por ello, que, como se dijo en el capítulo 5 “Localización” es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de determinar la ubicación del proyecto.

Por lo expuesto anteriormente, en el siguiente capítulo se abordarán los distintos aspectos normativos aplicables a este proyecto en base al tipo de actividad y la localización seleccionada.

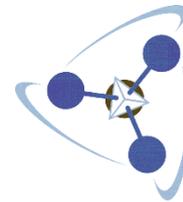
8.1.2. MARCO LEGAL

8.1.2.1. Legislación nacional

Existe una gran cantidad de leyes que se aplican al tipo de industria que se plantea implementar en este proyecto. Estas leyes van a afectar en una gran variedad de aspectos, ya sea impositivo, organizacional, ambiental, etc. Es por ello que a continuación se presentará un resumen de aquellas leyes, decretos y convenios que revisten de mayor relevancia para este proyecto.

8.1.2.1.1. Constitución Nacional

Capítulo 2 “Nuevos Derechos y Garantías” - Artículo 41: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de la protección, y a las provincias las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o parcialmente peligrosos, y de los reactivos.”

8.1.2.1.2. Ley 24 354/94- Decreto reglamentario 720/95: Sistema Nacional de Inversión Pública

Incluye estudios de impacto ambiental en la presentación de proyectos.

8.1.2.1.3. Ley 25.675/02: Ley General de Ambiente

Esta ley establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.

La presente ley regirá en todo el territorio de la Nación, sus disposiciones son de orden público, y se utilizarán para la interpretación y aplicación de la legislación específica sobre la materia, la cual mantendrá su vigencia en cuanto no se oponga a los principios y disposiciones contenidas en ésta.

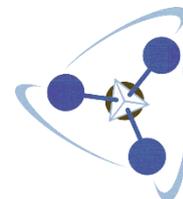
La política ambiental argentina está sujeta al cumplimiento de los siguientes principios: de congruencia, de prevención, precautorio, de equidad intergeneracional, de progresividad, de responsabilidad, de subsidiariedad, de sustentabilidad, de solidaridad y de cooperación.

8.1.2.1.4. Ley 25.612/02: Gestión Integral de Residuos Industriales

Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, que sean generados en todo el territorio nacional y derivados de procesos industriales o de actividades de servicios.

Se entiende por proceso industrial, toda actividad, procedimiento, desarrollo u operación de conservación, reparación o transformación en su forma, esencia, calidad o cantidad de una materia prima o material para la obtención de un producto final mediante la utilización de métodos industriales.

Se entiende por actividad de servicio, toda actividad que complementa a la industrial o que por las características de los residuos que genera sea asimilable a la anterior, en base a los niveles de riesgo que determina la presente.



8.1.2.1.5. Ley 25.688/02: Régimen de Gestión Ambiental de Aguas

En esta Ley se establecen los presupuestos mínimos ambientales para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional. Utilización de las aguas. Cuenca hídrica superficial. Comités de cuencas hídricas.

8.1.2.1.6. Ley 20.284: Ley de Contaminación Atmosférica

Establece las normas para la preservación de los recursos del aire: fija parámetros de calidad de aire, crea el registro catastral de fuentes contaminantes y establece sanciones. No está reglamentada.

8.1.2.1.7. Ley 24 051/91: Residuos Peligrosos

Ámbito de aplicación y disposiciones generales. Registro de generadores y operadores, transportistas, infracciones régimen penal, autoridad de aplicación, disposiciones complementarias, prohíbase su importación. Promulgada de hecho el 08/01/92.

8.1.2.1.8. Decreto Reglamentario 831/93

Reglamentación de la ley 24.051 (residuos peligrosos).

8.1.2.1.9. Decreto 674/89: Recursos Hídricos.

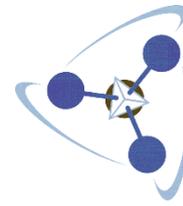
Régimen al que se ajustarán los establecimientos industriales y/o especiales que produzcan en forma continua o discontinua vertidos industriales o barros originados por la depuración de aquéllos a conductos cloacales, pluviales o a un curso de agua. Ámbito de aplicación.

8.1.2.1.10. Ley 19.857 Decreto 351: Ley de Higiene y Seguridad Laboral.

Su aplicación en este proyecto se encuentra descrita en el Capítulo 10 “Higiene y seguridad”.

8.1.2.1.11. Convenio Colectivo de Trabajo N° 77/89

Se aplica el convenio correspondiente para la industria química y petroquímica.



8.1.2.2. *Legislación provincial*

8.1.2.2.1. *Constitución provincial de rio negro*

Establece los lineamientos básicos acerca de los derechos y obligaciones con que cuenta todo habitante de la provincia.

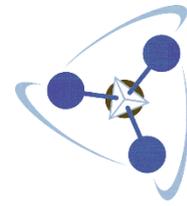
Dentro de la quinta sección, se establece:

Dominio - Art.70: La Provincia tiene la propiedad originaria de los recursos naturales existentes en el territorio, su subsuelo, espacio aéreo y mar adyacente a sus costas, y la ejerce con las particularidades que establece para cada uno. La ley preserva su conservación y aprovechamiento racional e integral, por sí o mediante acuerdo con la Nación, con otras provincias o con terceros, preferentemente en la zona de origen. La Nación no puede disponer de los recursos naturales de la Provincia, sin previo acuerdo mediante ley convenio que contemplen el uso racional del mismo, las necesidades locales y la preservación del recurso y de la ecología

Régimen de Aguas - Art.71: Son de dominio del Estado las aguas públicas ubicadas en su jurisdicción, que tengan o adquieran aptitud para satisfacer usos de interés general. El uso y goce de éstas debe ser otorgado por autoridad competente. El código de aguas regula el gobierno, administración, manejo unificado e integral del recurso, la participación directa de los interesados y el fomento de aquellos emprendimientos y actividades calificadas como interés social. La Provincia acuerda con las restantes jurisdicciones el uso y aprovechamiento de las cuencas hídricas comunes.

Ordenamiento territorial - Art.74: La Provincia con los municipios ordena el uso del suelo y regula el desarrollo urbano y rural, mediante las siguientes pautas: La ocupación del territorio debe ajustarse a proyectos que respondan a los objetivos, políticas y estrategias de la planificación democrática y participativa de la comunidad, en el marco de la integración regional y patagónica.

Recursos energéticos - Art. 80: La Provincia organiza los servicios de distribución de energía eléctrica y de gas pudiendo convenir con la Nación la prestación por parte de ésta. Otorga las concesiones de explotación y dispone las formas de participación de municipios, cooperativas y usuarios; ejerce la policía de los servicios; asegura el suministro de estos servicios a todos los habitantes y su utilización como forma de promoción económica y social. La Provincia reclama a las empresas explotadoras la indemnización de los daños y la reparación de los perjuicios que ocasionan las obras hidroeléctricas.

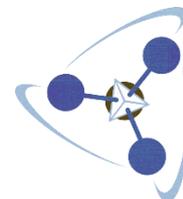


8.1.2.2.2. Ley N° 4618 Promoción Económica de la Provincia de Río Negro.

“Podrán acogerse a los beneficios establecidos por la presente, las personas humanas o jurídicas, titulares de nuevas empresas y explotaciones que se radiquen en la Provincia de Río Negro, cuyas actividades estén incluidas en el listado que preverá el decreto reglamentario y quedan sujetas a las sanciones establecidas en el artículo 7º las que se radiquen y no cumplan con los requisitos.”

Podrán otorgarse a las empresas y explotaciones promovidas los siguientes beneficios:

- a) Exención o reducción de los impuestos provinciales creados o a crearse y los que los sustituyan o modifiquen. El beneficio en este caso no puede exceder los diez (10) años.
- b) Otorgamiento de un "bono fiscal" con un tope máximo del veinte por ciento (20%) de la inversión base de la franquicia. Dicho bono fiscal podrá ser transferible y su otorgamiento no es compatible con las exenciones establecidas en el inciso a) precedente. En el caso de que la solicitud de acogimiento provenga de las empresas mencionadas en el Artículo 1º, inciso f) de la presente, el tope máximo del bono fiscal podrá ser del cuarenta por ciento (40%) de la inversión base de la franquicia.
- c) Exención de cargos por publicaciones oficiales de carácter obligatorio.
- d) Tarifas especiales para la difusión publicitaria por intermedio de la red provincial oficial de radio y televisión.
- e) Gestión ante entidades bancarias regionales, nacionales o provinciales de avales para la importación y/o adquisición en el país de equipos, maquinarias e instrumentos.
- f) Prioridad en el otorgamiento de créditos dependientes o gestionados por organismos, entes o agencias de la provincia.
- g) Participación facultativa de la provincia de hasta el ciento por ciento (100%) de las inversiones para la construcción privada de caminos, red eléctrica, telefónica, gas y acueductos, si ello fuere considerado de interés especial para el desarrollo de la provincia por su ubicación u otras circunstancias que determinen estas consideraciones y fuere apto para promover una zona no desarrollada, sin perjuicio de la prestación normal de servicios por parte de la provincia y entes nacionales.
- h) Adjudicación de las tierras fiscales necesarias para el desenvolvimiento de la actividad industrial a instalarse, con facilidades para su compra”.



8.1.2.2.3. Marco legal vigente regional y local en materia de ordenamiento territorial y ambiental

Si bien no hay un marco legal vigente específico en materia territorial y ambiental a escala regional, si se ha estudiado profundamente las escalas regionales que conforman el territorio de Río Negro. Es por ello que desarrollaremos una descripción de las distintas regiones que conforman el territorio de la provincia de Río Negro.

8.1.3. CONTEXTO REGIONAL

Previo a desarrollar los aspectos referidos al marco legal que regula el desarrollo de los parques industriales de las localidades relevadas, se planteará el contexto económico regional. La intención es que, al momento de plantear lineamientos para el desarrollo de cada uno de los parques industriales localizados en los municipios relevados, se tenga en consideración el contexto económico regional y se planten estrategias de complementariedad en las políticas de desarrollo industrial de los municipios ubicados en una misma región, minimizando las estrategias de competitividad, entre parques industriales de una misma región.

Tradicionalmente la provincia se dividió en 4 regiones, la de Los Valles; la Atlántica; la Andina y la de La Estepa. También en un trabajo más reciente se plantea dividir la provincia en “Áreas de Integración” (Noreste; Noroeste; Sureste y Suroeste), presentándose una mirada innovadora a las propuestas tradicionales de regionalización del territorio de la provincia.

8.1.3.1. Regionalización del territorio rionegrino

Existen diversos trabajos de regionalización del territorio rionegrino, tanto desde la óptica gubernamental como académica. El consenso de las diversas aproximaciones establece 4 regiones de referencia, que enmarcan características económicas y ambientales de los 13 departamentos provinciales, que comprenden 76 gobiernos locales (39 municipios y 37 Comisiones de Fomento Rurales). La ciudad de San Antonio Oeste se encuentra comprendida en la denominada “Región Atlántica”.

Dicha región abarca los departamentos de San Antonio y Adolfo Alsina. Incluye 12 gobiernos locales, entre ellos la ciudad de Viedma, capital de la provincia. Otras ciudades importantes son: San Antonio Oeste, Sierra Grande y Valcheta. El litoral marítimo en una angosta faja costera. En la capital provincial su principal actividad es la administración pública, actualmente con una economía de mayor diversificación en ganadería y agricultura. En el litoral marítimo se desarrolla el turismo, la actividad portuaria y la explotación y exportación de minerales.

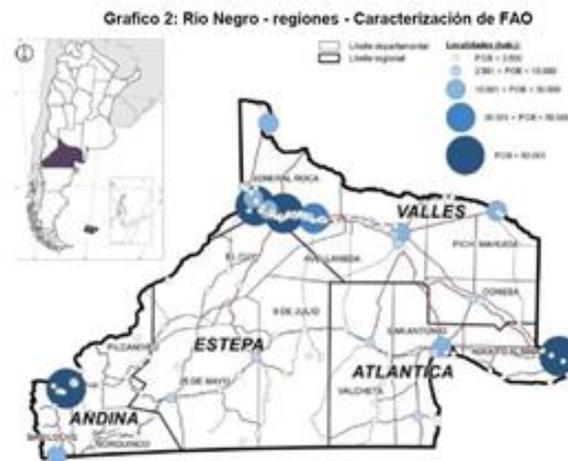


Figura 8.1. Regiones de la Provincia de Río Negro.

Fuente: Consejo Federal de Inversiones.

8.1.4. MARCO LEGAL VIGENTE REGIONAL EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y AMBIENTAL

En la Provincia de Río Negro, no existen regiones para las cuales rija una legislación en materia territorial (usos y ocupación del suelo), tampoco en cuestiones ambientales; ni referidas a desarrollo productivo.

Si bien existen Entes regionales como ENDEMÁS, “Margen sur”; ENDECIC, Lago Pellegrini; ENDEVAM, Valle Medio; EDLS, Línea Sur. Estos no cuentan con un marco legal en materia de desarrollo territorial ni industrial específicamente.

8.1.4.1. Planes de ordenamiento territorial

En este punto del estudio se pretende exponer los planes de ordenamiento territorial y ambiental de las localidades analizadas. Estos planes que abordan el desarrollo local, deberían ser el sustento económico y social de los Códigos de usos y ocupación del suelo de cada una de las localidades.

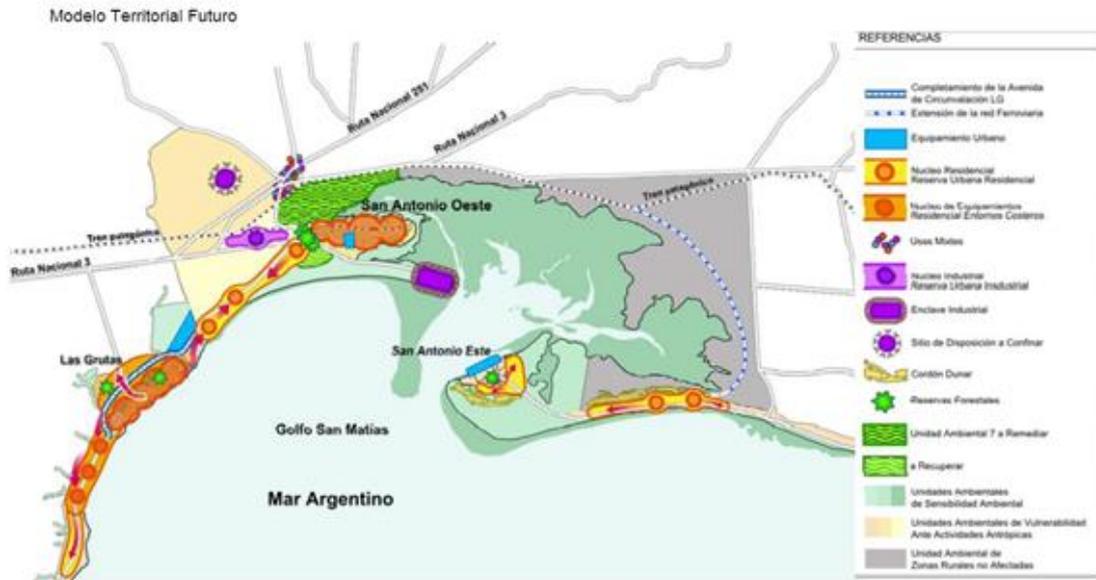
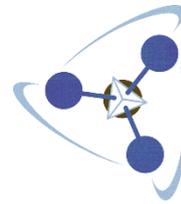


Figura 8.2. Ordenamiento territorial futuro del municipio de San Antonio.

Fuente: Consejo Federal de Inversiones.

El modelo territorial futuro propuesto es una representación gráfica de los objetivos a alcanzar para el horizonte 2025. Se constituye en esquema ordenador que sustenta la propuesta de actualización de la normativa y se complementa además con un conjunto de programas urbanísticos que conducen a su efectiva implementación.

8.1.4.2. Descripción sintética del modelo

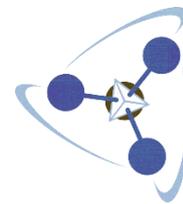
El modelo permite apreciar la estructura territorial propuesta donde adquieren relevancia las unidades ambientales reconocidas, las ciudades y sus vínculos y las direccionalidades de crecimiento a promover.

Proteger, consolidar, renovar, poner en valor, remediar, recuperar y transformar, son el conjunto de actuaciones diferenciadas a desarrollar en este particular territorio, a través de los programas planteados.

Las expansiones residenciales a promover se orientan definiendo inicialmente sectores núcleos que serán ampliados sucesivamente ante nuevas demandas, en las direccionalidades establecidas.

Se aprecia la dinámica particular de:

El saco de la Bahía y la Marisma donde la ciudad de San Antonio Oeste se extiende, desarrolla y expande, en un sitio privilegiado de la Punta con tres frentes de ribera y dos vías que la arrastran a vincularse con la meseta interior y la costa respectivamente.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Se promueve para la Ciudad SAO:

- El fortalecimiento de los sectores ya consolidados a partir de admitir mayor densidad en la medida en que se lleve a cabo el completado de los servicios de infraestructura de redes cloacales y de gas.
- La expansión residencial con la direccionalidad establecida con el completamiento de las infraestructuras de servicios.
- La puesta en valor y refuncionalización de la fracción del Cuadro de la Estación Ferroviaria.
- La puesta en valor del sector de la ribera que comprende al Antiguo Puerto y que integra la Unidad Ambiental 3, para la cual la normativa de zonificación define un distrito PA3, asignándole un carácter de zona de protección ambiental.
- La recuperación de sectores afectados por basurales e industrias extractivas.
- La remediación de sectores afectados por contaminación de suelos.
- La definición de un área de reserva forestal que actúe como sector de amortiguación entre los sectores residenciales e industriales de la ciudad.
- El reconocimiento de un sector mixto donde conviven actividades residenciales, industriales, comerciales y de servicio.

El reconocimiento de un sector industrial en incipiente consolidación que exige la mejora de su accesibilidad, asociado con la designación de un área de reserva industrial. Ambos distritos están localizados en la Unidad Ambiental 13 caracterizada como un área mixta que ha recibido una diversidad de actividades productivas, de servicios y equipamientos de diverso tipo. Las transformaciones operadas demandan un manejo orientado al saneamiento ambiental, cambio en las prácticas de uso y el aprovechamiento de su condición de sector articulador con vías que canalizan los vínculos entre las ciudades de SAO y LG.

Las proyecciones de población para el horizonte 2025 estiman una cifra del orden de los 20.000 residentes para la ciudad de SAO que la ubican en la categoría de ciudad intermedia para el sistema urbano al que pertenece.

Al Saco de la Bahía se le adosa un extenso territorio comprendido por las UA13 (interfaz) 12 (Hondonada) y 7 (A Remediar) sobre el cual se plantean programas particularizados que coadyuvan a la protección, remediación, y transformación de los diferentes subsectores que lo integran y que aprovechen de las ventajas y oportunidades asociadas a su particular localización. Como núcleo de desarrollo se promueve la asignación de usos seleccionados e indicadores urbanísticos para el enclave de El Cruce destinado a convertirse en nodo promotor.

8.1.4.3. Propuesta de los Lineamientos y Estrategias del Desarrollo Territorial y Local

La implementación del modelo territorial futuro se estructura por programas de intervención de diferentes escalas para las ciudades y los enclaves del sistema urbano del Municipio de San Antonio Oeste.

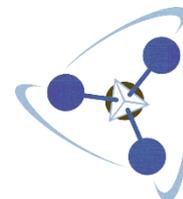
Los lineamientos y estrategias de desarrollo territorial y local de la propuesta desarrollada se sustentan en los siguientes seis objetivos generales:

1. Proteger el patrimonio natural de la Bahía de San Antonio.
2. Orientar el crecimiento de las áreas de expansión de los núcleos urbanos que integran el territorio de la bahía.
3. Promover la consolidación de sectores urbanos que presenten condiciones de aptitud para recibir mayor población y actividades.
4. Promover la provisión y el completamiento de infraestructura de servicios básicos en sectores urbanos no consolidados y con déficits reconocidos.
5. Fortalecer la valorización de los bienes patrimoniales del territorio.
6. Fortalecer e institucionalizar la participación de la comunidad en la planificación y gestión de su territorio.



Figura 8.3. Plano de zonificación urbano del municipio de San Antonio.

Fuente: Consejo Federal de Inversiones.



8.1.5. ORDENANZAS MUNICIPALES

8.1.5.1. Ley Municipal N° 853/14

Aprobación del Master Plan del Parque Industrial De San Antonio.

8.1.5.2. Resolución Municipal 3148/21 -Ordenanza Municipal 236/21

Los valores por metro cuadrado de las parcelas del PIC son promocionales, en el presente año se realizó una actualización de los precios.

8.1.5.3. Ordenanza Municipal N°215/21

Beneficios fiscales, normativa con perspectiva de género: Las empresas que se radiquen en el Parque Industrial de San Antonio podrán acogerse a los beneficios establecidos por la Ordenanza.

Mediante Ordenanza municipal se determinó que las empresas radicadas y a radicarse en el PI dispondrán de los siguientes beneficios:

- Exención de tasas municipales por 10 años
- Acceso a todos los beneficios de la Ley Provincial N° 4618.
- Acceso preferencial a líneas de financiamiento a través de la Agencia Provincial para el Desarrollo Económico Rionegrino (CREAR) y Banco Patagonia.
- Energía eléctrica de media y baja tensión
- Alumbrado Publico
- Playa de carga y descarga bajo techo con servicio de guarda.
- Aduana para hortalizas

8.1.6. MARCO IMPOSITIVO

En la Argentina, la recaudación es llevada a cabo por los gobiernos nacional, provincial y municipal, principalmente, mediante impuestos aplicados a ganancias, activos y consumo. A nivel nacional, la AFIP, una entidad independiente que informa al Ministro de Economía, es responsable de cobrar los impuestos, recaudar y supervisar.

A nivel nacional, los principales ingresos por recaudación de impuestos incluyen: Impuesto a las Ganancias, Impuesto al Valor Agregado, Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta, Impuestos Especiales, Impuesto a los Bienes Personales e Impuesto sobre los Débitos y Créditos Bancarios y Otras Operatorias.

A nivel provincial, los impuestos son recaudados y administrados por los organismos fiscales de las provincias, trabajando bajo la directiva de los ministros de economía de cada provincia. Los principales impuestos provinciales



son: Impuesto sobre los Ingresos Brutos, Impuesto al Sello e Impuesto a la Transferencia de Inmuebles.

Las municipalidades recaudan ingresos mediante tasas y contribuciones especiales.

8.1.6.1. Impuestos Nacionales

8.1.6.1.1. Impuestos a las Ganancias

Todos los ingresos, incluyendo ganancias de capital, están sujetos a impuestos. Las empresas que residen en Argentina pagan impuestos a sus ganancias mundiales. Sin embargo, pueden incluir cualquier impuesto similar pagado sobre sus actividades en el extranjero, hasta las responsabilidades fiscales incrementadas como consecuencia de la incorporación del ingreso ganado en el exterior.

Son considerados residentes con fines impositivos: argentinos y extranjeros nacionalizados, extranjeros con residencia permanente en la Argentina o aquellos que hayan residido legalmente en el país durante 12 meses; las sucesiones indivisas de contribuyentes fallecidos que residían en la Argentina en el momento de su muerte; Sociedad Anónima (SA) y otras asociaciones (unipersonales, asociaciones civiles, fundaciones, etc.) establecidas en el país.

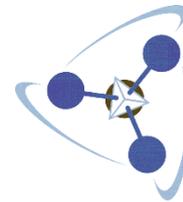
Sucursales locales de empresas establecidas en el extranjero son consideradas entidades residentes y, por lo tanto, sujetas a impuestos.

La tasa impositiva aplicable a empresas residentes y sucursales instaladas en este país perteneciente a empresas no residentes es el 35% de los ingresos totales.

Las empresas no residentes que no poseen sucursales o ningún otro establecimiento permanente en la Argentina están sujetas, solamente, a impuestos a las ganancias locales. En Argentina, un agente de retención retiene el impuesto según una escala tributaria basada en el tipo de ingreso.

Estas tarifas surgen de la aplicación de una tasa del 35% sobre los presuntos ingresos, como establece la ley de impuesto a las ganancias. Como en muchos países, el contribuyente presenta una declaración de impuestos una vez al año.

El resultado fiscal (beneficio o pérdida) es determinado según reglas impuestas por la legislación correspondiente en renta imponible en lo que respecta a gastos y gastos fiscalmente deducibles, exenciones y deducciones personales, inventario y métodos de valoración del crédito, traslado de pérdidas, etc.



8.1.6.1.2. Acuerdos de Doble Tributación

La Argentina ha firmado acuerdos de doble tributación con más de 15 países para evitar la doble tributación sobre empresas o ingresos personales, capital y/o bienes.

8.1.6.1.3. Impuesto al Valor Agregado (IVA)

El IVA es un impuesto aplicado al valor de los bienes y servicios en cada etapa del proceso de comercialización; sin embargo, a diferencia del impuesto sobre la venta, transferencias al gobierno y créditos por impuestos ya pagados ocurren cada vez que, en un negocio, en la cadena de suministro, se compra un producto o servicio.

El IVA general es del 21%.

Un IVA diferencial de 10,5% aplica, entre otras, a las siguientes actividades: producción primaria, trabajos en cultivos, entre otras.

El IVA diferencial de 27% aplica para la venta de gas, energía eléctrica, servicio de agua potable, servicio de telecomunicaciones, servicio de drenaje y alcantarillado, siempre y cuando se estén utilizando en estados productivos.

Las importaciones están sujetas al IVA en las mismas tasas que los bienes domésticos o servicios.

Las exportaciones no están sujetas al IVA.

8.1.6.1.4. Impuesto a los Bienes Personales

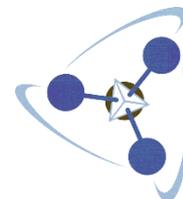
Individuos y sucesiones indivisas deben pagar este impuesto personal que se calcula en relación a los activos que excedan una riqueza total de \$9.130.000 (para el año 2022) y \$11.280.000 (para el año 2023).

8.1.6.1.5. Impuestos Especiales

Un impuesto especial es un impuesto interno por el consumo de bienes específicos, impuesto a tasas diferentes y sujeto a diferentes reglas de pago. En general, estos impuestos son pagados por fabricantes o importadores para comprar productos específicos.

8.1.6.1.6. Impuestos sobre los Débitos y Créditos Bancarios y otras operatorias

Las transacciones de crédito y débito en cuentas bancarias mantenidas por instituciones gobernadas por la ley de instituciones financieras están sujetas a



una tasa impositiva general del 0,6%. Además, a todas las transacciones de dinero se les cobra un impuesto del 1,2% si son llevadas a cabo usando los sistemas de pago que sustituyen el empleo de cuentas corrientes.

Ciertas transacciones son cobradas a diferentes tasas y califican para exenciones específicas.

8.1.6.2. Impuestos Provinciales

8.1.6.2.1. Impuestos sobre los ingresos brutos

Un 10% adicional para todas las actividades en los Parques Industriales para contribuyentes de pequeñas y encuadres como micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyME).

8.1.6.2.2. Impuesto al sello

Por Resolución N° 262/15 y su Anexo I se establece un Régimen de Recaudación del Impuesto de Sellos para aquellas personas físicas o jurídicas que intervengan, directa o indirectamente en la instrumentación de actos, contratos y operaciones alcanzados por los Artículos 1° y 2° de la Ley I N° 2.407.

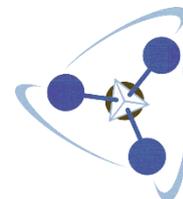
Artículo 1 - Están sujetos al Impuesto de Sellos, con arreglo a los montos y alícuotas que fije la Ley Impositiva, los actos, contratos y operaciones celebrados a título oneroso, instrumentados, por correspondencia y las operaciones monetarias, que se realicen en el territorio de la Provincia de Río Negro, en las condiciones que establece la presente Ley

Artículo 16 – Son contribuyentes del Impuesto, todas aquellas personas de existencia real o jurídica que realicen las operaciones y formalicen los actos o contratos sujetos al gravamen.

8.1.6.2.3. Impuestos a la transferencia de inmuebles

Es un impuesto que grava las transferencias de inmuebles ubicados en el país, y recae sobre las personas físicas y sucesiones indivisas que no realizan como actividad comercial habitual la compra-venta de inmuebles, reglamentado por la Ley 23.905 y la R.G. AFIP 2141/2006

Se considera transferencia a la venta, permuta, cambio, dación en pago, aporte a sociedades y todo acto de disposición por el que se transmita el dominio a Título oneroso. Este impuesto surge de aplicar el 1.5% sobre el valor de transferencia de cada operación (monto que surge de la escritura traslativa de dominio, boleto de compraventa o documento equivalente), y será retenido por el escribano interviniente o por el comprador, cuando no exista el anterior,



8.1.6.3. Impuestos Municipales

Los municipios cobran honorarios por varios servicios relacionados con la seguridad industrial, la higiene pública y la iluminación, por nombrar algunos; cálculo basado en variables como el ingreso público o parámetros fijos como el número de empleados, la capacidad de fuerza motriz y la potencia, entre otros.

8.1.6.3.1. Trámites e inscripciones impositivas

El concejo deliberante de San Antonio oeste sanciona con fuerza de ordenanza:

Artículo 1º: Créase la Unidad Tributaria de Referencia (UTR), la cual constituye una unidad de medida no monetaria para la expresión de los importes mínimos y fijos que se establecen en la Ordenanza Impositiva. La misma estará constituida por los insumos de mayor preponderancia en el costo de los servicios prestados.

Artículo 2º: Facúltase al Poder Ejecutivo Municipal, Secretaria de Hacienda, a establecer mediante resolución, los valores mensuales de la Unidad Tributaria de Referencia (UTR), los cuales deberán ser publicados y puestos a disposición de los contribuyentes en las carteleras situadas en los edificios municipales.

8.2. ASPECTOS NORMATIVOS Y DE CALIDAD

8.2.1. INTRODUCCIÓN

En la República Argentina existen diferentes normas que indican las exigencias, tales como normas ISO, IRAM, ASME, etc., que en algunos casos pueden ser necesarias para ingresar en mercados específicos, o pueden ser implementadas por decisiones empresariales a través de la iniciativa de la política de calidad de la dirección o como estrategias comerciales.

Si bien estas normas contribuyen a la eficiencia de la organización, para ser aplicadas y certificadas es necesario realizar una inversión y disponer de capital humano y financiero para su mantenimiento. Numerosos estudios indican que la mejor organización que brinda la correcta utilización y aplicación del sistema de calidad mejora considerablemente la utilidad neta de la empresa. Esto se debe a una disminución de costos como tiempos improductivos, disminución de transporte de mercaderías, mejora en el layout de la empresa y mejora en la conformidad de la satisfacción del cliente por estandarización de la calidad.



8.2.2. NORMAS A CERTIFICAR

8.2.2.1. Normas ISO

ISO, (Organización Internacional de Normalización, por sus siglas en inglés) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las Normas Internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrónica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrónica.

La adopción de un sistema de gestión de calidad debería ser una decisión estratégica de la organización. El diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de la organización están influenciados por:

- a) El entorno de la organización, los cambios en ese entorno y los riesgos asociados con ese entorno.
- b) Sus necesidades cambiantes,
- c) Sus objetivos particulares,
- d) Los productos que proporciona
- e) Los procesos que emplea,
- f) Su tamaño y la estructura de la organización,

El modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos que se muestra en la Figura 8.4. muestra que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos. El modelo mostrado en la Figura 8.4 cubre todos los requisitos de esta Norma Internacional, pero se refleja los procesos de una forma detallada.

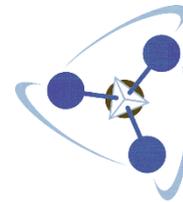


Figura 8.4. Ciclo PHVA.

Fuente: Elaboración propia en base a Normas ISO.

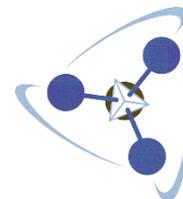
NOTA: De manera adicional, puede aplicarse a todos los procesos la metodología conocida como “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA), que brevemente puede describirse como:

- Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- Hacer: implementar los procesos.
- Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño de los procesos.

8.2.2.1.1. ISO 9000 - Sistemas de Gestión de Calidad

La serie de Normas ISO 9.000 son un conjunto de enunciados, los cuales especifican qué elementos deben integrar el sistema de gestión de la calidad de una organización y cómo deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce la organización.

Las Normas ISO 9 000 no definen cómo debe ser el sistema de gestión de la calidad de una organización, sino que fija requisitos mínimos que deben cumplir



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

los sistemas de gestión de la calidad. Dentro de estos requisitos hay una amplia gama de posibilidades que permite a cada organización definir su propio sistema de gestión de la calidad, de acuerdo con sus características particulares.

Las Normas ISO relacionadas con la calidad son las siguientes:

- ISO 9 000: Sistemas de gestión de la calidad – fundamentos y vocabulario. En ella se definen términos relacionados con la calidad y establece lineamientos generales para los sistemas de gestión de la calidad.
- ISO 9 001: Sistemas de gestión de la calidad – requisitos. Establece los requisitos mínimos que debe cumplir un sistema de gestión de la calidad. Puede utilizarse para su aplicación interna, para certificación o para fines contractuales.
- ISO 9 004: Sistemas de gestión de la calidad –directrices para la mejora del desempeño. Proporciona orientación para ir más allá de los requisitos de la ISO 9 001, persiguiendo la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

8.2.2.1.2. ISO 14000 - Sistemas de Gestión Medioambiental

La ISO 14.000 es una serie de normas internacionales para la gestión medioambiental. Es la primera serie de normas que permite a las organizaciones de todo el mundo realizar esfuerzos medioambientales y medir la actuación de acuerdo con unos criterios aceptados internacionalmente. La ISO 14.001 es la primera de la serie 14.000 y especifica los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión medioambiental. La ISO 14 001 está dirigida a ser aplicable a “organizaciones de todo tipo y dimensiones y albergar diversas condiciones geográficas, culturales y sociales”. El objetivo general tanto de la ISO 14 001 como de las demás normas de la serie 14.000 es apoyar a la protección medioambiental y la prevención de la contaminación en armonía con las necesidades socioeconómicas. La ISO 14 001 se aplica a cualquier organización que desee mejorar y demostrar a otros su actuación medioambiental mediante un sistema de gestión medioambiental certificado.

La ISO 14 001 no prescribe requisitos de actuación medioambiental, salvo el requisito de compromiso de continua mejora y la obligación de cumplir la legislación y regulación relevantes. La norma no declara la cantidad máxima permisible de emisión de óxido nitroso de gases de combustión, ni el nivel máximo de contenido bacteriológico en el efluente de aguas residuales. La ISO especifica los requisitos del propio sistema de gestión, que, si se mantienen adecuadamente, mejorarán la actuación medioambiental reduciendo los impactos, tales como emisiones de óxido nitroso y efluentes bacteriológicos.



8.2.2.1.3. ISO 18000 - Seguridad y Calidad de Vida en el Trabajo

Son una serie de estándares voluntarios internacionales relacionados con la gestión de seguridad y salud ocupacional. Que buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

El objetivo de la norma es proporcionar a las organizaciones un sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional que permita identificar y evaluar riesgos laborales desde el punto de vista de requisitos legales.

8.2.2.1.4. ISO 26 000 - Responsabilidad Social Empresaria

El objetivo que se plantea es el de:

- Asistir o ayudar a las organizaciones a establecer, implementar, mantener y mejorar los marcos o estructuras de RS.
- Apoyar a las organizaciones a demostrar su RS mediante una buena respuesta y un efectivo cumplimiento de compromisos de todos los accionistas y grupos de interés, incluyendo a los gestores, a quienes quizás recalcará su confianza y satisfacción; facilitar la comunicación confiable de los compromisos y actividades relacionadas a RS.
- Promover y potenciar una máxima transparencia. El estándar será una herramienta para el desarrollo de la sustentabilidad de las organizaciones mientras se respetan variadas condiciones relacionadas a leyes de aguas, costumbre y cultura, ambiente psicológico y económico.
- Hacer también un ligero análisis de la factibilidad de la actividad, refiriéndose a los asuntos que pueden afectar la viabilidad de la actividad y que requieren de consideraciones adicionales por parte de ISO.

De esta manera se plantean como beneficios esperados de la implementación del estándar, los siguientes:

- Facilitar el establecimiento, implementación y mantenimiento y mejora de la estructura o marcos de RS en organizaciones que contribuyan al desarrollo sustentable.
- Contribuir a incrementar la confianza y satisfacción en las organizaciones entre los accionistas y grupos de interés (incluyendo a los gestores);
- Incrementar las garantías en materia de RS a través de la creación de un estándar único aceptado por un amplio rango de stakeholders;
- Fortalecer las garantías de una observancia de conjuntos de principios universales, como se expresa en las convenciones de las Naciones Unidas, y en la declaración incluida en los principios del pacto global y particularmente en la declaración universal de los derechos humanos, las declaraciones y convenciones de OIT, la declaración de Río sobre el

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

medioambiente y desarrollo, y la convención de las Naciones Unidas contra la corrupción.

- Facilitar las liberaciones del mercado y remover las barreras del comercio (implementación de un mercado abierto y libre), complementar y evitar conflictos con otros estándares y requerimientos de RS ya existentes.

8.2.2.2. Normas IRAM

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (originalmente Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: IRAM) es el instituto encargado de la normalización y certificación, en Argentina.

Se trata de un organismo público cuyos orígenes se remontan al 2 de mayo de 1935. Fue el primer organismo de normalización en América Latina.

Tiene convenios con distintos organismos internacionales, y con universidades. Entre los primeros, se encuentran AENOR, AFNOR y ABNT; mientras que entre las universidades se cuenta la UBA y la UNLP, entre otras.

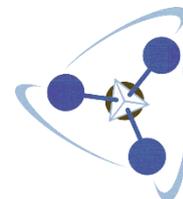
El IRAM cuenta con distintas filiales dentro de Argentina y filiales en Chile, Bolivia, Ecuador y Perú.

IRAM es el representante argentino de la ISO, en la “Comisión Panamericana de Normas Técnicas” (COPANT) y en la “Asociación MERCOSUR de Normalización” (AMN).

Las normas IRAM que aplicarán sobre este proyecto son las siguientes:

Tabla 8.1. Normas IRAM aplicables al proyecto.

| Normas sobre seguridad | |
|------------------------|---|
| IRAM 10 004 | Lentes para sistemas fijos de señalamiento luminoso para tránsito. Características generales |
| IRAM 10 005-1 | Colores y señales de seguridad. Colores y señales fundamentales. |
| IRAM 10 005-2 | Colores y señales de seguridad. Aplicación de los colores de seguridad en señalizaciones particulares. |
| IRAM 10 007 | Señales de advertencia. Sistema de señalización de riesgos para eventual incendio u otra emergencia. |
| IRAM 10 031 | Juego de balizas triangulares retrorreflectoras. |
| IRAM 10 032 | Baliza cónica para señalización vial. |
| IRAM 10 033 | Señales de advertencia. Láminas reflectoras adhesivas. |
| IRAM 10 036 | Retrorreflectores. Definiciones y coordenadas geométricas para la medición de cantidades vinculadas con la retrorreflexión. |
| IRAM 10 037 | Retrorreflectores. Método de ensayo para la medición de características fotométricas. |
| IRAM 113 094 | Plantas y tacos de caucho para calzado de seguridad. Características de los compuestos de caucho. |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | |
|------------------------------------|---|
| IRAM 113 095 | Compuestos de poliuretano para plantas y yacos de calzado de seguridad. |
| IRAM 13 300 | Guantes de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso general. |
| IRAM 13 301 | Guantes entelados de polil (cloruro de vinilo) plastificado para uso industrial. |
| IRAM 2 507 | Sistema de seguridad para la identificación de cañerías. |
| Normas de calidad ambiental | |
| IRAM 29 001 | Ecología. Aire. Definiciones. |
| IRAM 29 002-1 | Ecología. Calidad del agua. Definiciones. |
| IRAM 29 004 | Calidad del medio ambiente. Definiciones de términos generales. |
| IRAM 29 005 | Medio ambiente y recursos de base. Vocabulario sobre materias primas. Términos utilizados para la gestión de desechos. |
| IRAM 29 006 | Calidad del medio ambiente. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días (DBO5), por dilución y siembra. |
| IRAM 29 007-1 | Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) por la técnica del dicromato. |
| IRAM 29 007-2 | Calidad del agua. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO). Parte 2: Método colorimétrico con reflujo cerrado. |
| IRAM 29 008 | Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método yodométrico. |
| IRAM 29 009 | Medio ambiente. Calidad del agua. Determinación del oxígeno disuelto. Método electroquímico de la sonda. |
| IRAM 29 010-1 | Calidad ambiental. Calidad del agua. Determinación de cianuro. Parte 1: Determinación de cianuro total. |
| IRAM 29 010-2 | Calidad ambiental. Calidad del agua. Determinación de cianuro. Parte 1: Determinación de cianuro fácilmente liberable. |
| IRAM 29 011 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Determinación de turbidez. |
| IRAM 29 012-1 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 1: Directivas generales para el diseño de programas de muestreo. |
| IRAM 29 012-10 | Medio ambiente. Calidad de agua. Muestreo de aguas residuales. |
| IRAM 29 012-11 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de aguas subterráneas. |
| IRAM 29 012-12 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de sedimentos. |
| IRAM 29 012-13 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el muestreo de lodos de aguas residuales y de aguas tratadas, y lodos relacionados. |
| IRAM 29 012-14 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para el aseguramiento de la calidad del muestreo y manipulación del agua. |
| IRAM 29 012-15 | Calidad ambiental. Calidad de agua. Muestreo. Parte 11: Directivas para la preservación y manipulación de muestras de barros y sedimentos. |
| IRAM 29 012-16 | Calidad ambiental. Calidad del agua. Muestreo. Parte 16: Guía para el bioensayo de muestras. |

Fuente: Elaboración propia.



9. ESTUDIO AMBIENTAL

9.1. INTRODUCCIÓN

La correcta gestión de los aspectos ambientales resulta un factor fundamental para cualquier proyecto. Para garantizar el desarrollo sustentable debemos conseguir tanto el beneficio económico como la protección del medio ambiente. En los casos en los que no se ha cumplido un correcto manejo ambiental la oposición social puede interrumpir e incluso impedir la instalación de nuevos proyectos. Además, el cumplimiento de las leyes ambientales, así como también la búsqueda del consenso social para la actividad favorecen una producción amigable con el entorno.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

La evaluación del impacto en el entorno es un procedimiento técnico-administrativo que se utiliza para identificar, prevenir e interpretar el conjunto de las correspondencias influyentes en el ambiente que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado. Implica anticipar las consecuencias de una acción y poder así buscar alternativas que minimicen los efectos sobre el ambiente. Para ello, se requiere de una clara comprensión de distintos procesos tecnológicos, económicos y sociales.

En este capítulo, se realizará un estudio preliminar de los potenciales impactos que podrían tener lugar en las distintas fases del proyecto (construcción, operación y mantenimiento). Además, se propondrán alternativas de tratamiento de los efluentes generados, con el fin de reducir el impacto que el proyecto pueda generar sobre el ambiente.

Se deja constancia que el análisis deberá ser ampliado en la etapa de factibilidad.

9.2. RESPONSABILIDAD SOCIAL AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es un concepto de gran importancia para el presente capítulo. La misma se define como la contribución activa y voluntaria al mejoramiento social, económico y ambiental por parte de las empresas, generalmente con el objetivo de mejorar su situación competitiva, valorativa y su valor agregado, es de gran importancia tenerlo presente.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Lo mencionado con anterioridad se encuentra ligado íntimamente con la Responsabilidad Ambiental la cual recae en las organizaciones, como principales fuentes de contaminación ambiental. Por esa misma razón es que las empresas deben incluir, dentro de sus programas, estrategias que minimicen los impactos ambientales generados por la propia actividad del proyecto.

Muchas empresas han instaurado dentro de su organización, el SGA (Sistema de Gestión Ambiental), el cual se trata de un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día, los compromisos en materia de protección ambiental a los que suscribe una compañía.

En cuanto a la empresa, el modelo de gestión propuesto se basa en un modelo de autocontrol que permita conocer todos los impactos ambientales generados por la empresa para valorarlos según criterios objetivos. Una vez determinados los impactos se ponderan en función de su importancia, para operar posteriormente, sobre ellos priorizando el orden instituido y su evolución a través del tiempo.

Para establecer este sistema de autocontrol y poder verificar su validez se sigue una serie de pasos que se plasman y sintetizan en una “Matriz de Impacto Ambiental”.

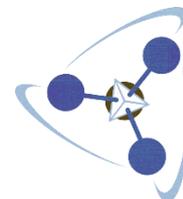
9.3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ASOCIADA AL PROYECTO

La empresa se trata de una planta de producción de hidrógeno que será ubicada en el Parque Industrial de San Antonio Oeste, por lo tanto, conlleva a disponer de una serie de ventajas asociadas a uno de los factores más complejos de satisfacer, que es la aceptación social.

Teniendo en cuenta el proceso productivo de la planta, cabe destacar que el proceso de producción de hidrógeno en sí no genera efluentes ni emisiones que puedan perjudicar al ambiente. Sin embargo, si analizamos la producción de la materia prima requerida para el proceso y también la producción de energía eléctrica a través del sistema de cogeneración, es cuando los efluentes de esta industria comienzan a tomar importancia.

En el caso del sistema de tratamiento de agua, el proceso de ósmosis inversa del agua de mar genera un efluente con una importante carga de iones y elevada conductividad. Se deberá analizar la posibilidad de devolver este efluente directamente al mar o si se requiere de un tratamiento previo del mismo.

Por otro lado, para el caso del sistema de producción de energía eléctrica, los efluentes liberados en este proceso son gaseosos y sólidos. Los primeros están



relacionados con los humos provenientes de la combustión de biomasa; y los segundos, con las cenizas residuales que quedan retenidas en la parrilla de la caldera o que incluso salen arrastradas por la corriente de humos.

9.4. MARCO LEGAL

Como se determinó con anterioridad, el proyecto se instalará en la localidad de San Antonio Oeste, provincia de Río Negro (Véase Capítulo 5 “Localización”). Por lo tanto, la legislación nacional y provincial aplicable al mismo fue detallada en el Capítulo 8 “Aspectos Jurídicos”.

9.5. ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La estructura de la Evaluación de Impacto Ambiental comprende los siguientes ítems:

- Determinación de la línea de base ambiental o línea cero: descripción general del entorno del proyecto.
- Identificación y valoración de impactos ambientales.
- Plan de gestión ambiental.

9.5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS FACTORES AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

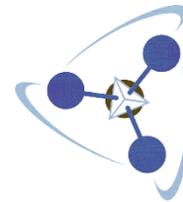
A continuación, se describen las características del entorno de las obras a realizar, conforme los aspectos ambientales, el medio natural y el antrópico.

9.5.1.1. Medio físico

San Antonio Oeste es la ciudad cabecera del departamento San Antonio, en la provincia de Río Negro, Argentina. Se encuentra ubicada a orillas de la bahía San Antonio dentro del golfo San Matías.

Dentro de la clasificación de regiones fitogeográficas de Argentina, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia fitogeográfica del monte. El clima de esta unidad está caracterizado por la escasa variación de temperatura de norte a sur y por la aridez, ya que las precipitaciones no superan los 200 milímetros anuales. La vegetación es la estepa arbustiva xerófila y halófila, acompañada, en algunas áreas de napa freática poco profunda, por bosques de Algarrobos. Las especies más características son las jarillas y el retamo.

La Bahía de San Antonio presenta diferentes unidades fisiográficas características y bien diferenciadas. Se observan planicies arenosas o limofangosas cubiertas en algunos lugares por vegetación halófila (*Spartina*,



Salicornia) o por parches de colonias densas de mejillín (*Brachydontes rodriguezii*). Se destacan además grandes planicies de marea surcadas por canales y arroyos de marea, y médanos bajos (fijos o vivos) sobre las costas. Las formas fisonómicas típicas y dominantes son las planicies de marea cubiertas en algunos casos por vegetación halófila y en otros por mejillinares, y los bancos de arena.

Diversos factores, tales como la gran disponibilidad de alimento y de refugios contra predadores, sumados a la dinámica característica de las masas de agua, hacen que la zona se encuadre dentro de los llamados “ambientes costeros protegidos”. Estos ecosistemas son muy importantes para la vida marina porque, además de caracterizarse por su alta biodiversidad, constituyen importantes zonas de alimentación para gran cantidad de especies y son escogidos por muchas de ellas como áreas de reproducción y cría de larvas y juveniles

9.5.1.1.1. Características de la marea astronómica

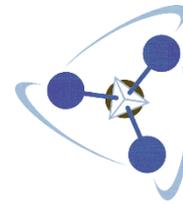
El régimen de la marea astronómica en el Golfo San Matías es semidiurno. Se observan generalmente dos pleamares y dos bajamares diarias, no existiendo diferencias significativas entre alturas de pleamares consecutivas y bajamares consecutivas. La onda de marea, que se genera en las grandes cuencas oceánicas y que avanza desde el sur, penetra en el Golfo San Matías, registrándose las mayores amplitudes en el sector noroeste del mismo. Por otra parte, la marea se propaga con rapidez en su interior y no se aprecia una diferencia significativa de fase. La marea astronómica produce cambios diarios sobre el nivel del mar que van entre los 6 y 9 metros de amplitud. Esta diferencia de nivel determina que la totalidad de la superficie de la Bahía de San Antonio y las costas adyacentes se inunden y se vacíen dos veces al día.

9.5.1.1.2. Clima de la región

En San Antonio Oeste, los veranos son calurosos y mayormente despejados, los inviernos son fríos y parcialmente nublados y está seco y ventoso todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 3 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de -2 °C o sube a más de 35 °C.

El clima es árido, comprendido en la categoría de Peripampeano semiárido casi marítimo, régimen hídrico de estepa y térmico pampeano, con amplitudes térmicas atemperadas. Aplicando el esquema de Thornthwaite es árido microtermal, observándose que la influencia de los vientos oceánicos, más húmedos y frecuentes en invierno, permite tener condiciones benéficas de humedad.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, basada en la temperatura, precipitación y vegetación, los principales grupos climáticos de la región



corresponden a climas B: climas secos donde la evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico y dentro de éste específicamente a un clima BW: Árido (desértico), donde las precipitaciones anuales son inferiores a 400 mm. BWk-desértico frío: La temperatura media anual está por debajo de los 18° C. Las lluvias medias anuales están entre un 50% y un 100% de la temperatura media anual multiplicada por veinticuatro.

9.5.1.1.3. Temperaturas

La temporada templada dura 3,7 meses, del 22 de noviembre al 12 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es de más de 26 °C. El mes más cálido del año en San Antonio Oeste es enero, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y mínima de 17 °C.

La temporada fresca dura 3,2 meses, del 18 de mayo al 26 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 16 °C. El mes más frío del año en San Antonio Oeste es julio, con una temperatura mínima promedio de 3 °C y máxima de 13 °C.

9.5.1.1.4. Precipitaciones

En San Antonio Oeste la frecuencia de días mojados (aquellos con más de 1 milímetro de precipitación líquida o de un equivalente de líquido) no varía considerablemente según la estación. La frecuencia varía de 5 % a 14 %, y el valor promedio es 9 %.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en San Antonio Oeste es febrero, con un promedio de 3,4 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 14 % el 1 de marzo.

San Antonio Oeste tiene una variación ligera de lluvia mensual por estación. El mes con más lluvia en San Antonio Oeste es marzo, con un promedio de 33 milímetros de lluvia. El mes con menos lluvia en San Antonio Oeste es agosto, con un promedio de 14 milímetros de lluvia.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| Mes | pp. Promedio | Máx. precipitación mensual | Máx. precipitación en un día |
|------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| Enero | 16.07 | 86.61 | 84.07 |
| Febrero | 29.28 | 195.07 | 195.07 |
| Marzo | 28.13 | 102.11 | 99.06 |
| Abril | 34.61 | 165.6 | 103.12 |
| Mayo | 25.47 | 87.63 | 37.08 |
| Junio | 33.52 | 177.54 | 119.89 |
| Julio | 17.62 | 90.43 | 61.98 |
| Agosto | 13.25 | 43.17 | 39.88 |
| Septiembre | 16.62 | 73.4 | 32.51 |
| Octubre | 24.14 | 93.47 | 50.04 |
| Noviembre | 19.09 | 121.94 | 74.93 |
| Diciembre | 34.05 | 156.98 | 141.99 |

Figura 9.1. Precipitaciones medias mensuales para el período 1992 – 2008.

Fuente: Biblioteca de Rio Negro.

9.5.1.1.5. Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en San Antonio Oeste, debido al porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece entre el 1 % y el 15 %.

9.5.1.1.6. Vientos

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.



La velocidad promedio del viento por hora en San Antonio Oeste tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3,4 meses, del 28 de noviembre al 9 de marzo, con velocidades promedio del viento de más de 19,1 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en San Antonio Oeste es enero, con vientos a una velocidad promedio de 19,7 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8,6 meses, del 9 de marzo al 28 de noviembre. El mes más calmado del año en San Antonio Oeste es abril, con vientos a una velocidad promedio de 18,5 kilómetros por hora.

9.5.1.1.7. Geología

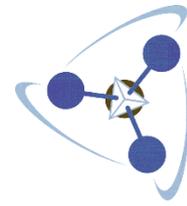
El ámbito de estudio se encuentra ubicado al norte del Golfo San Matías, en la zona de contacto del mar con el continente. Las diferentes litologías presentes y las unidades geomorfológicas abarcan un muy importante período geológico, como así también unidades de génesis muy variadas, lo que motiva una evolución geomorfológica compleja.

Las rocas más antiguas de la región corresponden a los esquistos e ictinitas de la Formación Nahuel Niyeu del Proterozoico superior, continuando cronológicamente los pequeños afloramientos de la cuarcita de la Formación Sierra Grande.

El basamento metamórfico está intruído por rocas graníticas y granitos con cataclasis del Complejo Plutónico Paileman del Carbonífero superior-Triásico inferior, cuyos afloramientos pueden observarse en la zona de Piedras Coloradas, al sur de las Grutas.

Estratigráficamente le continúan los conglomerados de la Formación Puerto Piris, las riolitas e ignimbritas Jurásicas del Complejo Volcánico Marifil, las arenas y limolitas marinas de la Formación Arroyo Barbudo, los basaltos olivínicos de la Formación Somún Curá y las areniscas marinas de la Formación Gran Bajo del Gualicho (equivalente a la Fm. Patagonia, de amplio uso).

Por encima se depositan las areniscas fluviales de la Fm Río Negro, cubiertas por los Rodados Patagónicos. Al Cuaternario son atribuidos los depósitos conglomerádicos de la Formación Loma Mágica, Fm Baliza San Matías, Fm San Antonio y Fm Laguna Indio Muerto, continentales la primera y última y litorales las dos intermedias.



9.5.1.1.8. Geomorfología

El Bajo de San Antonio Oeste presenta una evolución geomorfológica compleja, asociado originalmente a procesos de deflación, evolucionando posteriormente por procesos litorales.

La zona litoral en el ámbito de Las Grutas se caracteriza por la presencia de diferentes rasgos geomorfológicos, algunos vinculados a la erosión y acumulación marina y otros asociados a procesos continentales, entre los que se destacan los de remoción en masa, meteorización, acción fluvial y eólica.

El rasgo más destacable de esta localidad lo conforman los importantes acantilados observados al sur y norte de la misma, continuados estos últimos hasta finalizar la costa en la espiga de Punta Delgada, donde se desarrolla una playa compuesta en gran proporción por conchilla. Debido a que los objetivos del presente trabajo se asocian a las problemáticas ocasionadas en las zonas acantiladas, se procederá a analizar específicamente este rasgo del paisaje.

9.5.1.1.9. Características de los acantilados y playas

Los acantilados marinos presentan alturas que varían entre los 4 y 12 metros. Están desarrollados fundamentalmente en sedimentitas marinas miocenas de la Formación Bajo del Gualicho.

En algunos sectores puede observarse, desde la base de éstos con dirección al mar, amplias plataformas de abrasión, playas y terrazas marinas.

En el ámbito de este estudio las plataformas de abrasión están representadas por amplias planicies de suave pendiente hacia el mar, de varios kilómetros de largo y de hasta 400 m de ancho durante las mareas bajas.

En su superficie presentan importantes surcos transversales a la costa y el desarrollo de un micro acantilado, funcional en mareas bajas, producto de la erosión de esta plataforma. Las plataformas de abrasión presentes en la zona de estudio responden a dos litologías distintas. Frente a las secciones I y II están compuestas por sedimentitas marinas de la Formación Bajo del Gualicho, mientras que frente a la Sección IV se presenta una plataforma constituida por un conglomerado calcáreo de edad pleistocena, de pendiente suave hacia el mar, y separado del acantilado por una playa intermareal de aproximadamente 100 m de ancho.

9.5.1.1.10. Suelos

El presente resumen de suelos de la región ha sido elaborado a partir de la Carta de Suelos de la provincia de Río Negro.



Son dos los órdenes de suelos más importantes en el ámbito de la Hoja San Antonio Oeste:

- a) Suelos característicos de zonas áridas, de escaso desarrollo pedogenético y porcentajes de materia orgánica que no superan el 1 % (Aridisoles) y,
- b) Suelos incipientes, que presentan un horizonte superficial muy somero, apenas diferenciado del material subyacente (Entisoles).

Los primeros son los suelos dominantes arealmente. Se corresponden en gran medida con las geformas sobre las cuales se forman, a saber: en las planicies de rodados dominan suelos con tosca a partir de los 20 - 40 centímetros. Muestran además enriquecimiento de arcillas en profundidad (Paleargides petrocálcicos).

En los bajos menores de las planicies, los perfiles denotan un enriquecimiento en Na y presencia de diversas sales (Natrargides típicos). A diferencia de éstos, los suelos pertenecientes al Gran Bajo del Gualicho pueden tener o no alcalinidad y salinidad, según la posición del paisaje considerada.

Son suelos profundos, de mayor régimen hídrico que los anteriores, y comparten con los mismos la presencia de arcilla iluviada en el horizonte B (Haplargides ustólicos). Ello sería una evidencia de condiciones de formación más húmedas que las actuales, lo cual permitiría hacer inferencias paleoclimáticas para el Cuaternario.

9.5.1.1.11. Hidrología

En la región del Alto Valle, Valle Medio y Este, la principal fuente de captación es el agua proveniente de los ríos Negro y Colorado. En esta región se encuentran ciudades de gran importancia como Gral Roca, Cipolletti, Cinco Saltos, Catriel Allen, Choele Choel y Viedma.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”



Figura 9.2. Ríos cercanos a San Antonio Oeste.

Fuente: Gifex.com

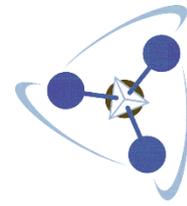
En la región Atlántica se encuentra la localidad de San Antonio Oeste y el Balneario Las Grutas que también recibe agua proveniente del río Negro, pero en este caso captada en cercanías de la localidad de Pomona, (isla de Choele Choe) y transportada a través de un canal de aproximadamente 200 km de recorrido en zona desértica. Desde este canal también se alimenta el Puerto de San Antonio Este, uno de los más importantes de la Patagonia.



Figura 9.3. Vista aérea del canal de Pomona.

Fuente: AguasRionegrinas.com

La región Sur de la Provincia tiene como principales fuentes de captación a las aguas subterráneas. Es así que en casi todas las localidades el agua es captada por medio de perforaciones que en algunos casos alcanzan los 100 metros de profundidad. En tres localidades de esta región el agua para consumo humano es tratada por medio de equipos de Osmosis Inversa.



9.5.1.1.12. Hidrogeología

La presencia de bajos es un hecho común en la Patagonia y más allá de los diversos y posibles factores geológicos que hicieran posible el desarrollo de estas cuencas, la proximidad de los mismos a la línea de la costa permitieron la inundación y posterior formación de bahías.

El proceso se habría dado a partir de la ruptura de una barrera por erosión costera, posiblemente ligado al ascenso del nivel del mar. Puede agregarse que la edad pleistocena de los cordones litorales más antiguos que rodean el bajo, actual bahía de San Antonio, justifica la edad de la ingresión marina en la localidad.

Con base en la relación de las geoformas mapeadas y las edades obtenidas se propone un esquema de la disposición original del bajo y los cambios subsiguientes en la posición de la línea de costa, causados por las variaciones del nivel del mar que se produjeron durante el Cuaternario (Fig A). La figura B muestra el bajo inundado durante el Pleistoceno temprano a medio, tiempo deducido a partir de la presencia de cordones litorales ubicados hasta 64 msnm con especies marinas cuaternarias.

La figura C indica la situación correspondiente al último máximo glacial, donde toda la zona de estudio emergió y las crestas de playa pleistocenas comenzaron a formarse gradualmente durante la regresión marina.

En la figura D se observa el escenario de la costa durante el nivel máximo alcanzado por el mar durante el Holoceno medio, hace unos 6.000 años 14C AP, y donde la línea de costa se relaciona con los primeros asentamientos humanos del lugar.

La figura E expresa la situación intermedia hace aproximadamente 4500 años 14C AP, valor avalado por la evidencia arqueológica en relación con la actividad antrópica que se consolida sobre la línea de costa.

La figura F muestra el escenario actual y puede observarse que la ciudad de San Antonio Oeste se halla sobre una terraza marina pleistocena correspondiente a una espiga similar a la que constituye Punta Delgado en la actualidad. La zona costera que se desarrolló en el interior de la bahía de San Antonio es una amplia escollera de gran superficie.

Ello es debido a las suaves pendientes del lugar, en relación con la costa exterior aledaña a la bahía, representada por largos tramos sin entradas. Esta condición determinó una gran variabilidad del área emergida ante cambios del nivel del mar. Además, la bahía se halla protegida del ataque directo de las olas del mar, y la evidencia arqueológica indica que los antiguos grupos de cazadores-

recolectores que habitaban la región aprovecharon esta situación para el desarrollo de la pesca con redes.

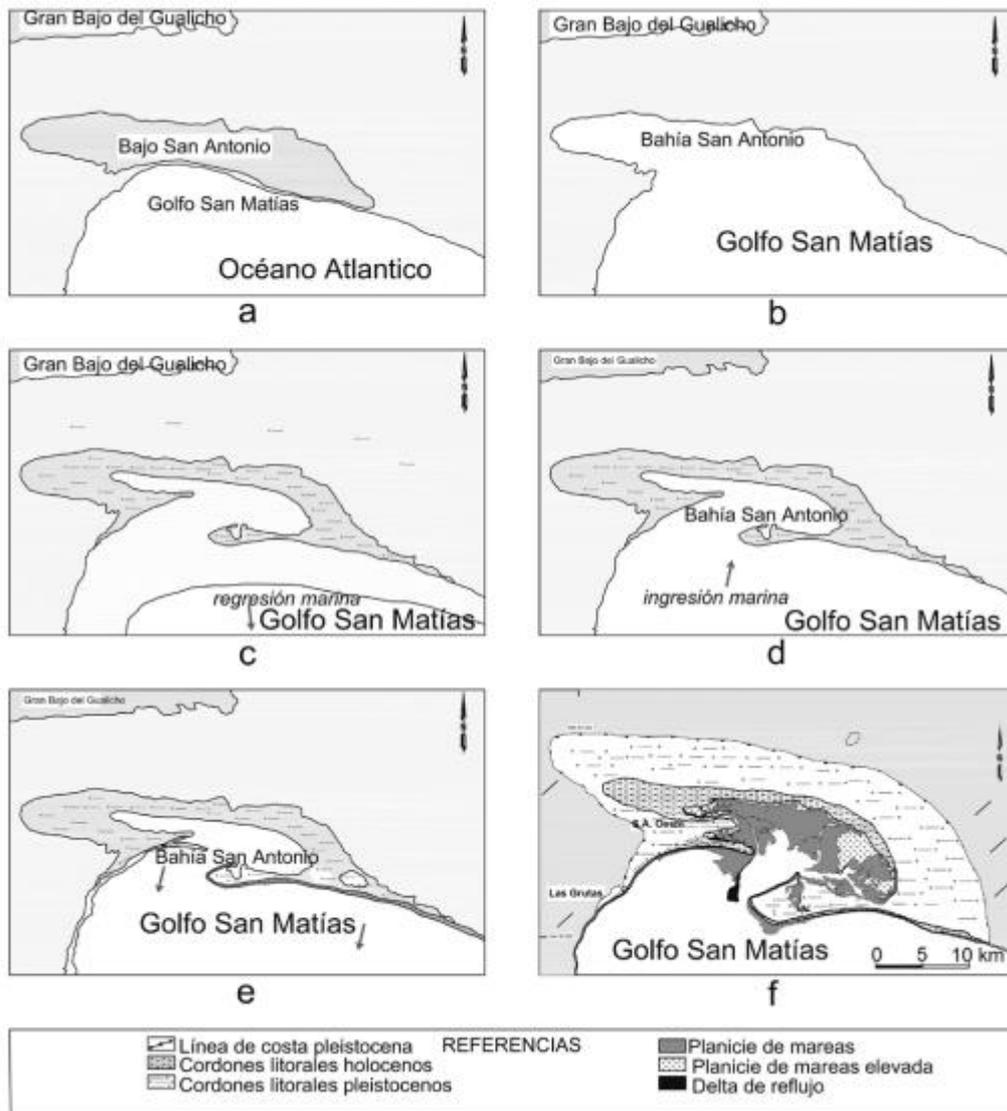


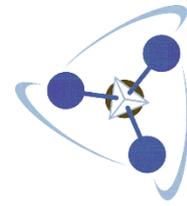
Figura 9.4. Evolución geomorfológica de la bahía de San Antonio Oeste.

Fuente: CONICET.

9.5.1.2. Medio biótico

9.5.1.2.1. Fauna

La zona del frente de playa en torno a Las Grutas, y en particular la Bahía de San Antonio, constituyen hábitats permanentes y/o transitorios de diversas especies de aves marinas y costeras. Más de 75 especies de aves costeras y marinas fueron registradas en este entorno ambiental. Entre las más conspicuas se destacan especies típicas de la avifauna marina patagónica tales como las



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

gaviotas cocineras *Larus dominicanus* y capucho café *L. maculipennis*, gaviotín sudamericano *Sterna hirundinacea*, ostrero común *Haematopus ostralegus*, biguá *Phalacrocorax olivaceus*, flamenco común *Phoenicopterus chilensis*, pato maicero *Anas georgica*, pato capuchino *A. versicolor* y macá grande *Podiceps major*. Un párrafo especial se merecen diferentes especies de presencia estacional tales como algunas especies de chorlos y playeros, que utilizan diferentes sectores del ambiente intermareal como sitios de alimentación y descanso en sus rutas migratorias entre América del Norte y el sur de Argentina. Entre las especies más frecuentes en este sector del ecosistema costero se pueden citar los playeritos rabadilla blanca *Calidris fuscicollis* y blanco *C. alba*, el playero rojizo *C. canutus*, la becasa de mar *Limosa haemastica* y el chorlito de doble collar *Charadrius falklandicus*. La presencia relevante de este grupo de aves migratorias en la Bahía San Antonio y su área de influencia ha determinado que este humedal costero haya sido declarado Reserva Hemisférica Internacional de la Red Hemisférica de Reservas de Aves Playeras.

9.5.1.2.2. Vegetación

La zona costera que incluye a los sectores de Punta Villarino y la margen norte del golfo entre Punta Delgado, Las Grutas y El Sótano, se caracteriza por la existencia de una secuencia de formaciones dunares, sobre las cuales han evolucionado y se han estabilizado comunidades vegetales típicas, cuya conservación y manejo sustentable han merecido la adopción de medidas específicas en el contexto del Plan Director de Ordenamiento Territorial del Ejido Municipal de San Antonio Oeste (Ord. Munic. N° 2402/05). Sobre estas formaciones y también sobre los acantilados predominan plantas psammófilo-salinas, tales como el olivillo, *Hyalis argentea*, la poácea *Sporobolus rigens* (unquillo), algunas especies propias de la estepa herbácea (*Stipa*, *Poa*, *Schismus*) y otras frecuentes en la primera línea del frente dunar. La vegetación se compone de plantas adaptadas a las condiciones de la línea de costa. Estas especies se encuentran sometidas a la acción del agua de mar arrojada por el viento, cuyos efectos se manifiestan en zonas alejadas varios metros de la costa. Las características del suelo condicionan la presencia de especies adaptadas a diferentes situaciones. Se trata de plantas halófilas, capaces de tolerar altos contenidos de sales en el suelo y en el aire atmosférico. Estas plantas desarrollan un potente sistema radicular y producen renuevos vegetativos para poder adaptarse a las condiciones cambiantes del medio arenoso. El sistema dunar presenta una gradación y sustitución de las comunidades vegetales en función de la concentración de sales y de la estructura y granulometría del suelo.



9.5.1.2.3. Vegetación acuática

Con relación a las algas y otros vegetales acuáticos se destacan como unidades ambientales los canales y charcas de marea y las planicies arenosas o limofangosos cubiertos por asociaciones de *Spartina* o *Salicornia*. La información disponible de este último grupo de vegetales acuáticos es sumamente escasa a la fecha. No obstante, las biocenosis dominadas por estas especies son más bien propias de los ambientes del interior de la bahía, siendo escasa la presencia de este tipo de vegetación en el frente de la playa de Las Grutas. Algunas formaciones de *Spartina* recién comienzan a hacerse visibles en el sector intermareal a partir de la séptima bajada de Las Grutas y hacia el sur. Para el grupo de las algas las características de los sustratos disponibles presentan una gran relevancia. Las algas crecen sobre los rodados que se encuentran entre la fracción arenosa. Los niveles más altos del intermareal carecen de cobertura algal; en este nivel predominan la fracción arenosa y conchillas. En los niveles medios, las áreas cubiertas de algas presentan distribución irregular formando parches en zonas de retención de agua (encharcados). En los niveles inferiores la distribución de algas es más uniforme, el sustrato presenta mayor presencia de rodados medianos y pequeños que facilitan el asentamiento de especies algales. Desde el punto de vista de la presencia de las algas, el ecosistema de la bahía se caracteriza por la existencia de un patrón espaciotemporal de presencia de especies: dominantes o conspicuas, de abundancia intermedia, y raras u ocasionales.

9.5.1.2.4. Zonas y áreas protegidas

La Bahía de San Antonio y sus zonas aledañas han sido jerarquizadas hace más de 10 años como Área Natural Protegida (ANP) por la Ley N° 2670 de la provincia de Río Negro. Por otra parte, en el marco del Plan Director de Ordenamiento Territorial del Ejido Municipal de San Antonio Oeste (Ordenanza Municipal N° 2402/05), se han establecido también áreas costeras de reserva como los parques dunares con la finalidad de proteger sus atributos naturales y paisajísticos. El ANP Bahía San Antonio cuenta además con una Autoridad Local de Conservación (ALC), como órgano consultivo del Consejo de Ecología y Medio Ambiente (Autoridad de Aplicación). La ALC, junto al Codema, IBMP Alte. Storni y ONG's locales y regionales, se encuentran trabajando en el desarrollo del Plan de Manejo para el ANP Bahía San Antonio. Los lineamientos y pautas de manejo surgidos de dicho plan, al menos en su etapa de formulación, serán incorporados en el estudio de profundización del puerto de San Antonio Este y del impacto ambiental relacionado.



Figura 9.5. ANP de la provincia de Río Negro.

Fuente: Gobierno de Río Negro.

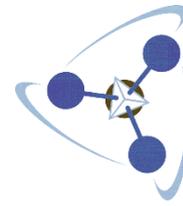
9.5.1.3. Medio antrópico

9.5.1.3.1. Población

Los resultados definitivos del censo 2010 arrojaron que el municipio posee una población total de 16.265 habitantes (Indec, 2010), lo que representa un incremento del 18,27 % frente a los 13.753 habitantes (Indec, 2001) del censo anterior. Podemos estimar que, para el año 2022, la población de San Antonio Oeste se aproxima a los 20.000 habitantes.

9.5.1.3.2. Actividades productivas

Entre las actividades más relevantes relacionadas con la afectación y uso del suelo costero se encuentran el turismo y el desarrollo urbano generado por dicha actividad. La misma ha comenzado a generar conflictos ambientales a partir de la destrucción de hábitat costeros por su acción directa como así también por la contaminación asociada. También la apertura de numerosas vías de comunicación clandestinas (huellas) en zonas costeras y el incremento de basurales clandestinos están produciendo impactos significativos sobre el ambiente.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

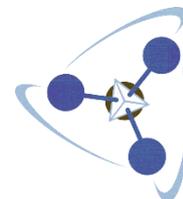
- **Turismo y recreación**

El principal atractivo turístico de la zona, que representa la principal motivación de viaje para más del 80 % de los turistas, es el ambiente natural. En la región se ofrece una importante gama de servicios que involucran el uso turístico de los recursos naturales y todos ellos forman parte de la oferta turística. Según estadísticas oficiales para la temporada estival 2007/2008 se registraron 320.000 turistas. El avance masivo de la demanda está indicado por el aumento de la cantidad de plazas hoteleras disponibles. La Tabla 8 muestra las variaciones entre los años 2006 y 2008 para diferentes puntos turísticos costeros. La variación interanual de plazas disponibles en Las Grutas entre 2006 y 2007 fue de 50%, el mayor de todo el país, lo cual evidencia el rápido crecimiento del balneario. En virtud del rápido crecimiento de la demanda, sumado a la alta estacionalidad y concentración de visitantes, se genera una sobrecarga no sólo sobre el recurso natural playa, sino también sobre todo el sistema de infraestructura de Las Grutas. Dado que el sistema de infraestructura no puede responder a la velocidad en que lo hace la demanda turística, se generan condiciones de degradación ambiental que repercuten también sobre el principal atractivo del lugar: los acantilados.

- **Otras actividades productivas de relevancia**

Además de las actividades mencionadas, las restantes actividades económicas que revisten interés en la zona de San Antonio son:

- Producción de carbonato de sodio por proceso solvay (Álcalis de la Patagonia SA).
- Actividad portuaria relacionada con los desembarcos de la pesca en jurisdicción de la provincia de Río Negro, localizada en el canal interior de la Bahía de San Antonio.
- Actividad minera: relacionada con la producción de materias primas para la industria como, por ejemplo, la sal y en la extracción de áridos para la construcción.
- Ganadería extensiva: basada principalmente en la producción de ganado bovino para engorde posterior en feedlot y de ovinos para producción de lana.
- Producción de aceite de olivos: basada en la aptitud del clima regional para el cultivo de variedades aceiteras de olivo, esta actividad, aunque de incipiente desarrollo aún, se encuentra en proceso de expansión en la región.



9.5.1.3.3. Sitios de interés cultural, histórico y/o arqueológico

En un edificio de más de 100 años funciona el Museo Histórico Municipal de San Antonio Oeste. Los objetos que se exhiben en él representan los primeros tiempos de los pioneros que llegaron para quedarse.

Ubicado a pocos metros del mar, su fachada aún conserva el clásico estilo inglés propio de la época de su construcción y rasgos de gran valor arquitectónico. Fue hecho con madera y chapa, y perteneció a un funcionario del primer consejo de administración de la ciudad.

9.5.2. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este apartado se enumeran y describen las distintas actividades que forman parte de los procesos de construcción y operación de la planta de producción de hidrógeno. Además, se identifica y evalúa el impacto que presentaría cada una de estas actividades sobre el medio en el cual se implantaría esta industria.

Se define como impacto ambiental a toda acción o actividad que produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes de éste. El término impacto no implica negatividad, ya que éstos pueden ser tanto positivos como negativos. Las alteraciones pueden ser de distintos grados de intensidad en el entorno en el que se desarrolle.

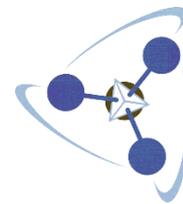
El objetivo del presente capítulo, es la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para el montaje de una planta productora de hidrógeno.

La finalidad del estudio es determinar y evaluar los posibles impactos que podría ocasionar la ejecución del proyecto sobre los factores analizados (social, económico, ambiental, etc.) en las etapas de instalación y operación, y poder dictaminar una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), promulgada por un órgano decisor y con la participación pública. Además, se recomendarán medidas de mitigación correspondientes para minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente.

También se identificarán los residuos generados durante la etapa de operación, los que deberán ser gestionados correctamente con el objetivo de evitar impactos negativos sobre el medio ambiente.

La identificación de los impactos ambientales se realizará teniendo en cuenta las siguientes etapas de la planta:

- Etapa de construcción
- Etapa de operación y mantenimiento
- Etapa de abandono



9.5.2.1. Etapa de construcción de la planta

- *Construcción de accesos viales*: hace mención a las tareas de adecuación y construcción de los caminos necesarios para el ingreso de maquinaria y personal a la zona de trabajo. Esta etapa incluye la instalación provisoria de señalizaciones, cercos, líneas eléctricas, etc.
- *Limpeza de la zona de obra*: se refiere a movimientos de suelos y otros elementos que dificulten las obras de construcción de la planta.
- *Instalaciones temporarias*: incluye la colocación de obradores, sanitarios, depósitos, etc., que se necesitan para la correcta ejecución de las tareas referentes a la instalación de la industria y depósitos de herramientas y materiales demandados.
- *Transporte de maquinaria y materiales*: en esta etapa existe movimiento de equipos de excavación y nivelación, camiones y demás maquinarias necesarias de manera temporal o permanente, además de equipos de transporte de los insumos necesarios para llevar a cabo las tareas constructivas.
- *Acondicionamiento del terreno*: involucra toda acción vinculada a la excavación y construcción de las fundaciones necesarias para el montaje de los equipos asociados a la planta.
- *Obras civiles en el predio*: comprende el desarrollo de las tareas de construcción de las instalaciones de la planta propiamente dicha.
- *Instalación y montaje de equipos*: una vez terminadas las obras civiles se ejecutan las distintas tareas necesarias para la instalación de todos los equipos intervinientes en el proceso productivo.
- *Limpeza de la obra*: esta etapa consta de una serie de trabajos necesarios para dejar las instalaciones en condiciones para comenzar la operación.

9.5.2.2. Etapa de producción y mantenimiento

- *Operación de la planta*: tiene que ver con todas las tareas propias del proceso productivo y el impacto particular de estas tareas fue detallado con anterioridad.
- *Mantenimiento de las instalaciones*: incluye las tareas de mantenimiento, ya sea de forma preventiva o correctiva en caso de que sea necesario.



9.5.2.3. Etapa de abandono y cierre

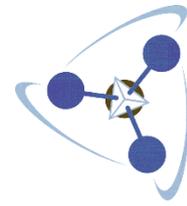
- *Desmontaje de la planta:* consiste en la operación de equipos de desconexión, limpieza, transporte de materiales, fluidos y sustancias en desuso debido a que la planta dejó de funcionar.
- *Reacondicionamiento del terreno:* consiste en generar una restauración del terreno donde la planta fue colocada, a modo de intentar restaurar condiciones similares a las iniciales, o bien que permitan la restauración natural del área.

9.5.3. PARÁMETROS EVALUADOS

En la matriz presentada dentro de la evaluación de prefactibilidad de este proyecto, se hace un análisis parcial acerca del impacto generado por cada una de las actividades detalladas sobre una serie de factores que componen el ambiente sobre el cual se implanta el proyecto. Se analizarán tanto impactos positivos como negativos.

Los parámetros ambientales sobre los cuales se analiza la afección de estas actividades son las siguientes:

- Medio Físico
 - Recursos Hídricos
 - Aguas Superficiales
 - Aguas Subterráneas
 - Aire
 - Calidad Físicoquímica
 - Nivel Sonoro
 - Nivel de Material Particulado
 - Clima (Temperatura)
 - Suelo
 - Calidad Físicoquímica
 - Geomorfología
 - Topografía
- Medio Biótico
 - Flora
 - Árboles, Arbustos, Pastizales
 - Especies en peligro
 - Fauna
 - Mamíferos, Reptiles, Anfibio
 - Aves
 - Peces
 - Especies ganaderas



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Medio Perceptual
 - Organización Visual
 - Contraste y Dominancia
 - Calidad Visual
 - Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana
 - Calidad Escénica
 - Topografía, Vegetación y Color
- Medio Socioeconómico
 - Social
 - Población
 - Turismo
 - Comercio
 - Cultural
 - Lugares culturales
 - Sitios arqueológicos
 - Emplazamiento de estudios científicos
 - Educación
 - Infraestructura
 - Red Eléctrica
 - Red Vial
 - Red de gas y petróleo
 - Red de agua potable
 - Economía
 - Nivel de Empleo
 - Economía local/regional

9.5.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para poder determinar los impactos que produce el Proyecto a llevarse a cabo se realizaron dos matrices, una donde se efectuó la identificación y otra donde se valoraron los impactos anteriormente identificados.

La metodología empleada se resume en el contenido de Conesa Fernandez - Vitora, V., Conesa Ripoll, V., Conesa Ripoll, L. A., & Estevan Bolea, M. T. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4a. ed.). Madrid: Mundi-Prensa.

9.5.4.1. Matriz de identificación de impactos ambientales

Esta primera matriz permite conocer cuáles acciones repercuten sobre los distintos factores analizados. A partir de esta identificación, se procede a realizar la valoración de los impactos de las mismas.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

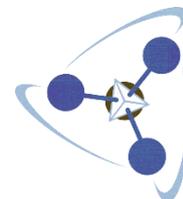
Tabla 9.1. Matriz de identificación de impactos ambientales.

| Factores \ Acciones | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | FUNCIONAMIENTO | | CIERRE | |
|-----------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|---------------|------------|
| | | | Construcción de accesos viales | Acondicionamiento del terreno | Instalación temporarias | Transporte de maquinaria y materiales | Obras civiles en el predio | Instalación y montaje de equipos | Limpieza de la obra | Operación de la planta | Mantenimiento | Desmontaje |
| Medio físico | Recurso Hídrico | Aguas Superficiales | | | | | | | | | | |
| | | Aguas Subterráneas | | | | | | | | | | |
| | Aire | Calidad Físicoquímica | | | | | | | | | | |
| | | Nivel Sonoro | | | | | | | | | | |
| | | Nivel de Material Particulado | | | | | | | | | | |
| | Suelo | Clima (temperatura) | | | | | | | | | | |
| Calidad Físicoquímica | | | | | | | | | | | | |
| Geomorfología | | | | | | | | | | | | |
| Medio biótico | Flora | Topografía | | | | | | | | | | |
| | | Árboles, arbustos, pastisales | | | | | | | | | | |
| | Fauna | Especies en peligro | | | | | | | | | | |
| | | Mamíferos, Reptiles, Anfibio | | | | | | | | | | |
| | | Aves | | | | | | | | | | |
| | | Peces | | | | | | | | | | |
| Medio perceptual | Organización Visual | Especies ganaderas | | | | | | | | | | |
| | | Contraste y Dominancia | | | | | | | | | | |
| | | Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana | | | | | | | | | | |
| Medio socioeconómico | Social | Calidad Escénica | | | | | | | | | | |
| | | Población | | | | | | | | | | |
| | | Turismo | | | | | | | | | | |
| | Cultural | Comercio | | | | | | | | | | |
| | | Lugares culturales | | | | | | | | | | |
| | | Sitios arqueológicos y geológicos | | | | | | | | | | |
| Infraestructura | Emplazamiento de estudios científicos | | | | | | | | | | | |
| | Educación | | | | | | | | | | | |
| | Red Eléctrica | | | | | | | | | | | |
| | Red Vial | | | | | | | | | | | |
| Economía | Red de gas y petróleo | | | | | | | | | | | |
| | Red de agua potable | | | | | | | | | | | |
| | Nivel de Empleo | | | | | | | | | | | |
| | | Economía local/regional | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

9.5.4.2. Matriz de valoración de impactos ambientales

Se procede a realizar la valoración de los impactos con la metodología anteriormente mencionada, y además se establece una escala cromática que permite identificar más fácilmente cuál es la importancia del impacto de las distintas acciones sobre los factores.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 9.2. Escala de colores para visualizar la importancia de los impactos.

| ESCALA DE COLORES (Conesa) | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------|
| | Impacto leve | -13 a -25 |
| | Impacto moderado | -25 a -50 |
| | Impacto severo | -50 a -75 |
| | Impacto crítico | -75 a -100 |
| | Levemente beneficioso | 1 a 25 |
| | Beneficioso | 25 a 50 |
| | Muy beneficioso | 50 a 75 |

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la valoración, se asignan valores de cómo repercute cada acción sobre cada factor, de acuerdo a la Tabla 9.3.

Tabla 9.3. Atributos de caracterización del impacto.

| | | | |
|-----------------------------|----|----------------------------|---------|
| Extensión (EX) | | Intensidad (i) | |
| Puntual | 1 | Baja | 1 |
| Parcial | 2 | Media | 2 |
| Extenso | 4 | Alta | 3 |
| Total | 8 | Muy alta | 8 |
| Crítica | 12 | Total | 12 |
| Persistencia (PE) | | Momento (MO) | |
| Fugaz | 1 | Largo plazo | 1 |
| Temporal | 2 | Medio plazo | 2 |
| Permanente | 4 | Inmediato | 4 |
| | | Crítico | + 1 o 4 |
| Sinergia (SI) | | Reversibilidad (RV) | |
| Sin sinergismo | 1 | Corto plazo | 1 |
| Sinérgico | 2 | Medio plazo | 2 |
| Muy sinérgico | 4 | Irreversible | 4 |
| Efecto (EF) | | Acumulación (AC) | |
| Indirecto | 1 | Simple | 1 |
| Directo | 4 | Acumulativo | 4 |
| Recuperabilidad (MC) | | Periodicidad (PR) | |
| Recuperable, inmediato | 1 | Irregular | 1 |
| Recuperable | 2 | Periódico | 2 |
| Mitigable | 4 | Continuo | 4 |
| Irrecuperable | 8 | | |

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4a. ed.).

Luego, se obtiene un valor final del impacto realizado por dicha acción calculado por la ecuación que se muestra a continuación.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

$$I = [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Cada uno de estos valores obtenidos son los que se colocan en la matriz de valoración, y son los que permiten conocer la importancia de los impactos generados sobre los distintos factores ambientales.

9.5.4.2.1. **Etapa de construcción**

Tabla 9.4. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de construcción.

| Factores \ Acciones | | | CONSTRUCCIÓN | | | | | | | TOTAL FASE 1 |
|---------------------------|---------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|
| | | | Construcción de accesos viales | Acondicionamiento del terreno | Instalación temporarias | Transporte de maquinaria y materiales | Obras civiles en el predio | Instalacion y montaje de equipos | Limpieza de la obra | ABSOLUTA |
| Medio físico | Recurso Hídrico | Aguas Superficiales | 0 | 0 | 0 | 0 | -28 | -22 | -26 | -76 |
| | | Aguas Subterráneas | 0 | 0 | 0 | 0 | -32 | 0 | -24 | -56 |
| | Aire | Calidad Físicoquímica | -27 | -27 | 0 | -28 | -26 | 0 | 0 | -108 |
| | | Nivel Sonoro | -29 | -29 | 0 | -28 | -30 | -25 | -25 | -166 |
| | | Nivel de Material Particulado | -29 | -29 | 0 | -28 | -30 | 0 | -25 | -141 |
| | | Clima (temperatura) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Suelo | Calidad Físicoquímica | 0 | -28 | 0 | -30 | -28 | 0 | -27 | -113 |
| | | Geomorfología | -29 | -26 | 0 | -33 | -28 | 0 | 0 | -116 |
| Topografía | | -29 | -26 | 0 | -33 | -28 | 0 | 0 | -116 | |
| Medio biótico | Flora | Árboles, arbustos, pastizales | -27 | -29 | 0 | -33 | -26 | 0 | 0 | -115 |
| | | Mamíferos, Reptiles, Anfibio | -29 | -29 | 0 | -28 | -29 | 0 | 0 | -115 |
| | Fauna | Aves | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Peces | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Especies ganaderas | -20 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -40 |
| Medio perceptual | Organización Visual | Contraste y Dominancia | -27 | -37 | -23 | 0 | -28 | 0 | 0 | -115 |
| | Calidad Visual | Diversidad, Naturalidad y Actuacion Humana | -27 | -37 | -23 | 0 | -28 | 0 | 0 | -115 |
| | Calidad Escénica | Topografía, Vegetación y Color | -27 | -37 | -23 | 0 | -28 | 0 | 0 | -115 |
| Medio socioeconómico | Social | Población | 0 | 0 | 0 | -27 | -26 | 0 | 0 | -53 |
| | | Turismo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Comercio | 38 | 41 | 37 | 40 | 24 | 35 | 0 | 215 |
| | Cultural | Educación | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Red Eléctrica | 0 | 0 | -26 | 0 | -26 | -26 | 0 | -78 |
| | Infraestructura | Red Vial | -32 | -32 | 0 | -28 | -26 | 0 | 0 | -118 |
| | | Red de gas y petroleo | 0 | 0 | 0 | 0 | -26 | -26 | 0 | -52 |
| | | Red de agua potable | 0 | 0 | 0 | 0 | -26 | -26 | -26 | -78 |
| | Economía | Nivel de Empleo | 26 | 38 | 27 | 34 | 50 | 28 | 22 | 225 |
| | | Economía local/regional | | 38 | 27 | 36 | 52 | 28 | 0 | 181 |
| TOTAL POR ACCIONES | | | -268 | -269 | -4 | -186 | -373 | -34 | -131 | |

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la matriz, la acción de mayor repercusión es la realización de obras civiles en el predio; mientras que el factor más afectado por la construcción de la planta resulta ser el aire, debido al nivel sonoro presente durante esta etapa.

9.5.4.2.2. Etapa de funcionamiento

Tabla 9.5. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de funcionamiento.

| Factores \ Acciones | | | FUNCIONAMIENTO | | | TOTAL FASE 2 |
|---------------------------|-----------------------|--|------------------------|---------------------------|---------------|--------------|
| | | | Operación de la planta | Almacenamiento y comercio | Mantenimiento | ABSOLUTA |
| Medio físico | Recurso Hídrico | Aguas Superficiales | -46 | 0 | -35 | -81 |
| | | Aguas Subterráneas | -22 | 0 | -16 | -38 |
| | Aire | Calidad Físicoquímica | -24 | 0 | -32 | -56 |
| | | Nivel Sonoro | -24 | 0 | -32 | -56 |
| | | Nivel de Material Particulado | -24 | 0 | -32 | -56 |
| | | Clima (temperatura) | -24 | 0 | -32 | -56 |
| | Suelo | Calidad Físicoquímica | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Geomorfología | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Topografía | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Medio biótico | Flora | Árboles, arbustos, pastizales | -27 | 0 | 0 | -27 |
| | Fauna | Mamíferos, Reptiles, Anfibio | -23 | 0 | 0 | -23 |
| | | Aves | -30 | 0 | 0 | -30 |
| | | Peces | -30 | 0 | 0 | -30 |
| | | Especies ganaderas | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio perceptual | Organización Visual | Contraste y Dominancia | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calidad Visual | Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calidad Escénica | Topografía, Vegetación y Color | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Medio socioeconómico | Social | Población | 48 | 0 | 0 | 48 |
| | | Turismo | 33 | 0 | 0 | 33 |
| | | Comercio | 39 | 0 | 35 | 74 |
| | Cultural | Educación | 29 | 0 | 0 | 29 |
| | | Infraestructura | Red Eléctrica | -24 | 0 | -27 |
| | Red Vial | | -24 | 0 | 0 | -24 |
| | Red de gas y petróleo | | -24 | 0 | 0 | -24 |
| | Red de agua potable | | -24 | 0 | -33 | -57 |
| | Economía | Nivel de Empleo | 54 | 59 | 60 | 173 |
| | | Economía local/regional | 76 | 59 | 60 | 195 |
| TOTAL POR ACCIONES | | | -91 | 118 | -84 | |

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la acción más impactante es, lógicamente, la operación de la planta, repercutiendo principalmente en la red eléctrica y las aguas superficiales.

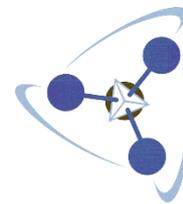
9.5.4.2.3. Etapa de abandono

Tabla 9.6. Matriz de valoración de impactos ambientales de la etapa de abandono.

| Factores \ Acciones | | | CIERRE | | TOTAL FASE 3 |
|---------------------------|-----------------------|--|---------------|---------------------|--------------|
| | | | Desmontaje | Reacondicionamiento | ABSOLUTA |
| Medio físico | Recurso Hídrico | Aguas Superficiales | -26 | 0 | -26 |
| | | Aguas Subterráneas | -16 | 0 | -16 |
| | Aire | Calidad Físicoquímica | -24 | 0 | -24 |
| | | Nivel Sonoro | -24 | 0 | -24 |
| | | Nivel de Material Particulado | -24 | 0 | -24 |
| | | Clima (temperatura) | 0 | 0 | 0 |
| | Suelo | Calidad Físicoquímica | 0 | 42 | 42 |
| | | Geomorfología | 0 | 42 | 42 |
| Topografía | | 0 | 42 | 42 | |
| Medio biótico | Flora | Árboles, arbustos, pastizales | 0 | 31 | 31 |
| | Fauna | Mamíferos, Reptiles, Anfibio | 0 | 31 | 31 |
| | | Aves | 0 | 31 | 31 |
| | | Peces | 0 | 31 | 31 |
| | | Especies ganaderas | 0 | 31 | 31 |
| Medio perceptual | Organización Visual | Contraste y Dominancia | 21 | 45 | 66 |
| | Calidad Visual | Diversidad, Naturalidad y Actuación Humana | 21 | 45 | 66 |
| | Calidad Escénica | Topografía, Vegetación y Color | 21 | 45 | 66 |
| Medio socioeconómico | Social | Población | -21 | -30 | -51 |
| | | Turismo | -17 | -21 | -38 |
| | | Comercio | -21 | -32 | -53 |
| | Cultural | Educación | 0 | 0 | 0 |
| | | Infraestructura | Red Eléctrica | 47 | 27 |
| | Red Vial | | 47 | 27 | 74 |
| | Red de gas y petróleo | | 47 | 24 | 71 |
| | Red de agua potable | | 47 | 27 | 74 |
| | Economía | Nivel de Empleo | -26 | -27 | -53 |
| Economía local/regional | | -31 | -27 | -58 | |
| TOTAL POR ACCIONES | | | 21 | 384 | |

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la etapa de abandono se caracteriza por presentar mayor cantidad de impactos positivos que las demás etapas. Esto es debido a que cesa la operación de la planta y se restaura el terreno utilizado.



9.5.5. CONCLUSIÓN DE LA EIA

A lo largo de este apartado se evaluó la repercusión que tendría el proyecto de la planta de producción de hidrógeno verde sobre el ambiente en el cual opera.

El proyecto se califica como viable al hacer un balance de los impactos negativos que se pudieran generar sobre el medio. Al estar el proyecto colocado dentro de un parque industrial, se considera que los impactos críticos han sido considerados previamente para la instalación de dicho parque.

Por otro lado, el proyecto tiene importantes beneficios asociados en cuanto a que favorecerá la economía tanto local como de la región y generará nuevos puestos de trabajo e ingresos.

9.6. TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES GENERADOS POR LA PLANTA

9.6.1. TRATAMIENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS

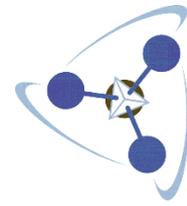
El efluente líquido mencionado anteriormente es devuelto al mar sin problemas. Si bien tiene una alta carga de iones y alta conductividad, los volúmenes de esta agua tratada son insignificantes ante el volumen de agua de mar en el océano. Además, cabe destacar que la conductividad del agua de mar es mayor a 50.000 mmhos/cm y contiene 35 gramos de sal por litro de agua.

9.6.2. TRATAMIENTO DE EFLUENTES SÓLIDOS

Respecto a los residuos sólidos, la mayoría provienen de los almacenes de materia prima y del área de procesos: bolsas con restos de aditivos, trapos sucios, y otras sustancias como, cartón y plásticos, residuos provenientes del área administrativa y de mantenimiento. El parque industrial cuenta con un sistema de recolección de sólidos no peligrosos.

A su vez, una parte de las partículas sólidas generadas por la combustión de biomasa para la cogeneración de energía (cenizas) son recolectadas por las mismas parrillas de la caldera, y estas pueden destinadas como base para compost orgánicos o materiales de reciclaje como ladrillos orgánicos utilizando este residuo para formar una pasta base.

Por otro lado, una pequeña fracción de estas partículas sólidas son arrastradas por la corriente de gases saliendo dispersadas a la atmósfera y perdiendo el control de emisión de las mismas, es por eso que una posible solución es colocar un ciclón en la salida de los gases. De esta manera las pequeñas partículas sólidas serán recolectadas y separadas de la corriente gaseosa.



9.6.3. TRATAMIENTO DE EFLUENTES GASEOSOS

Los efluentes de tipo gaseosos son todos aquellos generados por la combustión de biomasa para la generación de energía. Su composición es principalmente CO_2 , es por ello que en este proyecto no se realizará dicho tratamiento de la corriente de gases debido a que al tratarse de un proyecto de hidrógeno verde el ciclo de CO_2 es cerrado.

Al utilizar un biocombustible proveniente de residuos orgánicos, son estos los que en algún momento de su ciclo de vida absorbieron CO_2 para poder desarrollarse y ahora al combustionar, este CO_2 es devuelto a la atmósfera por lo que daría un balance neutro de dicho gas.



10. HIGIENE Y SEGURIDAD LABORAL

10.1. GENERALIDADES

Las industrias que desean mantenerse en el amplio mundo de la competitividad deben acogerse a las medidas y reglas adoptadas con la finalidad de prevenir accidentes y minimizar los riesgos, para el establecimiento de condiciones seguras en el ambiente de trabajo.

El control de la seguridad e higiene resulta de vital importancia en las empresas industriales.

El ambiente laboral, mantenerlo seguro e higiénico para el buen desenvolvimiento del empleado dentro de las instalaciones de la empresa, no debe presentar una problemática, sino un beneficio para el empleado y también para la empresa. Crear condiciones seguras, contribuye al aumento de la productividad y a un desarrollo más armonioso y estable por parte del trabajador en la empresa

10.2. LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD

La Ley 19.587/72 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto Reglamentario 351/79 establece una serie de lineamientos que se tratarán a continuación.

10.2.1. **CONDICIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN Y SANITARIAS**

La construcción, modificación y reparación de establecimientos se regirán según las normas de urbanismo y construcciones vigentes.

Los revestimientos de pisos serán sólidos y no resbaladizos.

Donde se manipulen elementos tóxicos deben ser resistentes a los mismos, impermeables y no porosos. Cuando el proceso exponga el piso a líquidos debe haber sistemas de drenaje. Las paredes interiores y cielorrasos, puertas y ventanas serán mantenidos en buen estado de limpieza.

Los pisos de los lugares de trabajo, los pasillos de tránsito deben estar libres de obstáculos para facilitar el libre y seguro desplazamiento sobre todo en situaciones de emergencia.

Los espacios entre máquinas o equipos deben ser amplios para permitir el movimiento del personal sin exposición a accidentes.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Conforme a lo establecido, la planta será construida de acuerdo a las normas de urbanismo vigentes, con todas las condiciones necesarias para que los trabajadores puedan realizar sus actividades en forma segura y con comodidad.

Además, se dispondrán pasillos para la movilidad del personal, en forma segura. En las áreas de producción se contará con un pasillo de 2 metros de ancho.

En la construcción de la planta objeto de este proyecto, deberá tenerse especial consideración sobre todo en la construcción de la sala de caldera. Para este tipo de zonas existen normativas especiales que establecen los parámetros básicos a tener en cuenta.

10.2.2. RUIDOS

Este riesgo se monitoreará a través de la realización de mediciones de ruido en las diferentes fuentes sonoras y a través de un cálculo se determinará, por local de trabajo, si los niveles hallados superan el máximo establecido, y de ser así sugerir las medidas correspondientes. Para ello se utiliza un decibelímetro integrador.

La ley reglamenta que, si los niveles son inferiores a los 85 db de Nivel Sonoro Continuo Equivalente, sólo se realizarán nuevos relevamientos para controlar que el nivel medido se mantenga y detectar posibles cambios a causa de incorporación de nuevos equipos o maquinarias, sistemas de ventilación o extracción, falta de mantenimiento, etc.

Si el nivel supera los 85 db, se deberá reducir el ruido al mínimo posible desde la fuente que lo produce, colocando carteles indicativos del uso de protección auditiva y además proveer al personal de protectores auditivos.

En este caso no se dispondrán equipos que generen altos niveles de ruido. Sin embargo, es importante disponer de los elementos protectores a todo el personal que se encuentre en planta a modo de prevención y por las exposiciones prolongadas a ruidos aún de bajo nivel.



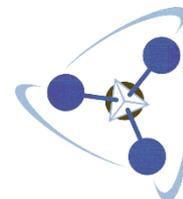


Figura 10.1. Elementos de protección personal para riesgos sonoros.

Fuente: Google imágenes.

10.2.3. VENTILACIÓN

La ventilación en los locales de trabajo debe contribuir a mantener condiciones ambientales que no perjudiquen la salud del trabajador. A su vez los locales deben poder ventilarse perfectamente en forma natural.

En la planta de producción de hidrógeno planteada en este proyecto la mayor parte de las instalaciones se encuentran ventiladas.

Además, en las zonas que se encuentran bajo techo, la distribución de equipamientos es tal que permite la libre circulación de aire.

10.2.4. ILUMINACIÓN

Según lo establecido por ley, la iluminación en los puestos de trabajo debe cumplir básicamente con los requisitos mínimos:

- La composición espectral de la luz debe ser adecuada a la tarea a realizar, de modo que permita observar o reproducir los colores en la medida que sea necesario.
- Se debe evitar el efecto estroboscópico en los lugares de trabajo.
- La iluminancia debe ser adecuada a la tarea a efectuar.
- Las fuentes de iluminación no deben producir deslumbramientos, directo o reflejado.

Los niveles de iluminación deben encuadrarse dentro de lo establecido en la ley para industria química:

Tabla 10.1. Niveles de iluminación exigidos por ley.

| Planta de procesamiento | |
|--|-----|
| Circulación general | 100 |
| Circulación sobre escaleras y pasarelas | 200 |
| Sobre aparatos | |
| Iluminación sobre el plano vertical | 200 |
| Iluminación sobre mesas y pupitres | 400 |
| Laboratorio de ensayo y control | |
| Iluminación general | 400 |
| Iluminación sobre plano de lectura de aparatos | 600 |

Fuente: www.redseguros.com



10.2.5. ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

El uso de elementos de protección personal es una técnica que tiene como objetivo proteger al trabajador frente a agresiones externas, que puedan presentarse en el desempeño de la actividad laboral sean:

1. Agresivos físicos: (mecánicos, térmicos, acústicos, eléctricos, etc).
2. Agresivos Químicos (tóxicos) y
3. Agresivos Biológicos de tipo (físico, químico o biológico),

La misión de los E.P.P. es reducir o eliminar las consecuencias personales o lesiones que éste pueda producir en el trabajador.

Éstos deben reunir las siguientes condiciones:

- a) *Materiales empleados en su fabricación:* Las propiedades físicas y químicas de los materiales empleados deberán adecuarse a la naturaleza del trabajo y al riesgo de la lesión a evitar, para una protección eficaz. Los materiales no deberán producir efectos nocivos en el usuario. Debe cumplir con la inocuidad (incapacidad para hacer daño).
- b) *Condiciones de diseño y construcción:* Su forma deberá ser adecuada a la mayoría de personas teniendo en cuenta aspectos ergonómicos y de salud del usuario, valores estéticos y reducir al mínimo su incomodidad, compatibilizándose ésta con su función protectora, además de adaptarse al usuario tras el ajuste necesario. Diseño y construcción, deben ser de fácil manejo y mantenimiento.

Es función del empleador brindar los elementos de protección personal y velar por su correcta utilización. En este caso, el operador debe utilizar equipo adecuado como zapatos de cuero y suela de caucho, pantalón y camisa con una talla ajustada y cómoda, casco, lentes, y en algunos casos, tapones auditivos.



Figura 10.2. Elementos de protección personal.

Fuente: Google Imágenes.



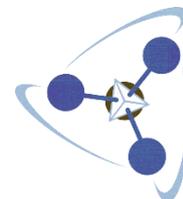
10.2.6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDUSTRIAL

En líneas generales las máquinas y herramientas deben reunir las siguientes condiciones de seguridad:

- a) Las máquinas y herramientas deben ser seguras y en caso que presenten algún riesgo para las personas que la utilizan, deben estar provistas de la protección adecuada.
- b) Los motores que originan riesgos deben estar aislados. Asimismo, deben estar provistos de parada de emergencia que permita detener el motor desde un lugar seguro.
- c) Todos los elementos móviles que sean accesibles al trabajador por la estructura de las máquinas, deben estar protegidos o aislados adecuadamente.
- d) Las transmisiones -árboles, acoplamientos, poleas, correas, engranajes, mecanismos de fricción y otros- deben contar las protecciones más adecuadas al riesgo específico de cada transmisión, a efectos de evitar los posibles accidentes que éstas pudieran causar al trabajador.
- e) Las partes de las máquinas y herramientas en las que existan riesgos mecánicos y donde el trabajador no realice acciones operativas, deben contar con protecciones eficaces, tales como cubiertas, pantallas, barandas y otras.

Los requisitos mínimos que debe reunir una protección de los distintos equipos son:

- Eficacia en su diseño.
- De material resistente.
- Desplazamiento para el ajuste o reparación.
- Permitir el control y engrase de los elementos de las máquinas.
- Su montaje o desplazamiento sólo puede realizarse intencionalmente.
- No constituyan riesgos por sí mismos.
- Constituir parte integrante de las máquinas.
- Actuar libres de entorpecimiento.
- No interferir, innecesariamente, al proceso productivo normal.
- No limitar la visual del área operativa.
- Dejar libres de obstáculos dicha área.
- No exigir posiciones ni movimientos forzados.
- Proteger eficazmente de las proyecciones.



10.2.7. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA MANIPULACIÓN DE EQUIPOS

Se sugiere leer y entender los manuales de instalación, operación y mantenimiento que provee el fabricante de la maquinaria. Si no se tiene alguno puede utilizar este programa como guía:

No hay que pasar desapercibidos los avisos de advertencia y cuidado, generalmente un aviso de advertencia indica una condición posiblemente insegura que podría causar lesiones a personas, mientras que un aviso de cuidado indica una condición que podría ocasionar daños a los equipos.

Para protección personal, se deben seguir ciertos lineamientos y normas que evitaren accidentes, y daños a los equipos.

El operador de la maquinaria no debe llevar ningún artículo como cadenas o anillos. No debe llevar la ropa suelta y si en alguna ocasión utiliza el pelo largo debe tenerlo atado.

Para mayor seguridad, las máquinas deben ser operadas solamente por el personal autorizado por la empresa para tal tarea. Esto deja implícito que el empleador es quien debe asegurar la capacitación suficiente del personal según las tareas que se le asignen.

Si el operador no es técnico, en ningún momento debe tratar de reparar el equipo a la hora de que éste sufra un desperfecto, sino que debe abocarse a personal altamente especializado, es decir, al jefe de su sector.

Durante el funcionamiento de la maquinaria, se debe evitar que personal no especializado se acerque al área de operación.

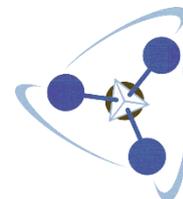
Todo el cableado se debe tener en perfectas condiciones. Se deben aislar todos los contactos y verificar las conexiones a tierra. Se deben señalar los canales de cableado eléctrico, así como colocar letreros o afiches de precaución para indicar lugares de alta tensión.

El plástico genera electricidad estática y para evitar choques eléctricos se deben utilizar zapatos adecuados.

Mantener las instalaciones limpias, ordenadas, no colocar piezas, accesorios o herramientas encima de la maquinaria; mantener las escaleras y el área perimetral libre de sustancias deslizantes como lubricantes y grasas.

Advertencias:

- Verificar a que voltaje opera el equipo.
- No tocar ninguna conexión eléctrica sin antes asegurarse que se ha desconectado la alimentación de potencia.
- Antes de conectar la alimentación, asegúrese que el sistema está debidamente puesto a tierra.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Evitar exponerse durante un tiempo prolongado a máquinas con alto nivel de ruido. Asegurarse de utilizar dispositivos de protección para los oídos de modo de reducir los efectos auditivos perjudiciales.
- No pasar por alto ni desactivar dispositivos protectores ni guardas de seguridad.
- Asegurarse que la carga está debidamente acoplada al eje (flecha) del motor antes de alimentar la potencia.
- Tener sumo cuidado y usar procedimientos seguros durante el manejo, levantamiento, instalación, operación y mantenimiento del equipo.
- Antes de hacer mantenimiento en el motor, asegurarse que el equipo conectado al eje del motor no pueda causar rotación del eje. Si la carga pudiese producir rotación del eje, desconectar la carga del eje del motor antes de efectuar el mantenimiento.
- Antes de desarmar el motor, desconectar completamente la alimentación de electricidad de los devanados del motor y los accesorios.
- Verificar que la aplicación de los motores sea realmente para las condiciones que fueron diseñados: exposición al polvo, vapores inflamables o combustibles, condiciones de operación a prueba de explosión, etc.
- No retirar los protectores de las cintas calefactoras a menos que esté programado realizar algún tipo de mantenimiento. Cuando se tengan que mover o limpiar partes calientes del equipo, que generalmente se debe realizar cuando el mismo se encuentra a altas temperaturas; se debe de utilizar guantes de cuero o de amianto.
- Por ningún motivo el operario debe abrir el panel de control.
- Por ningún motivo se deben poner las manos cerca de lugares peligrosos cuando las máquinas estén en funcionamiento, por ejemplo: rodillos de presión, engranajes, cadenas, fajas, o cualquier otro elemento cuando éstos se encuentran a altas temperaturas o funcionando.
- Nunca eliminar los guardas de seguridad, ni obstruir los mecanismos de seguridad mientras la máquina está en funcionamiento.
- El agua es un buen conductor de la electricidad, por lo que este equipo en ningún momento debe de ponerse en contacto con líquidos, ya que se podría ocasionar un incendio.
- No encender las máquinas si previamente no se ha certificado que el cableado de corriente de la misma esté en perfectas condiciones.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”



- A) Cautela, choque eléctrico, conecte el alambre de tierra.
- B) Cautela, equipo en rotación, mantenga cualquier objeto y manos alejadas.
- C) Cautela, alta temperatura, no tocar.
- D) Cautela, no encienda ninguna llama.
- E) Cautela, equipo rodando mantenga las manos lejos.
- F) Cautela, equipo que prensa mantenga las manos lejos.
- G) Cautela, equipo que corta mantenga las manos lejos.
- H) Cautela, peligro no tocar.
- I) Cautela, choque eléctrico, opere cuidadosamente.

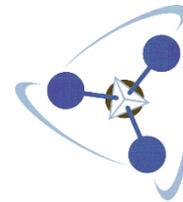
Figura 10.3. Señales de seguridad que deben encontrarse en las máquinas.

Fuente: Ley N° 19.587.

10.2.8. EQUIPOS EXTINTORES Y SEÑALIZACIÓN

La ley reglamenta que la cantidad de matafuegos necesarios en los lugares de trabajo, se determinarán según las características y áreas de los mismos, importancia del riesgo, carga de fuego, clases de fuegos involucrados y distancia a recorrer para alcanzarlos.

Las clases de fuegos se designarán con las letras A - B - C y D y son las siguientes:



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Clase A: Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos, como ser madera, papel, telas, gomas, plásticos y otros.
- Clase B: Fuegos sobre líquidos inflamables, grasas, pinturas, ceras, gases y otros.
- Clase C: Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica.
- Clase D: Fuegos sobre metales combustibles, como ser el magnesio, titanio, potasio, sodio y otros.

| |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | AGUA | ESPUMA | POLVO ABC | ANHIDRIDO CARBONICO | HALON | POLVOS ESPECIALES |
|  A SÓLIDOS | SI Muy eficiente | SI Relativamente eficiente | SI Muy eficiente | NO utilizar | SI Relativamente eficiente | NO utilizar |
|  B LIQ. INFLAM. | SI Relativamente eficiente | SI Muy eficiente | SI Muy eficiente | SI Relativamente eficiente | SI Muy eficiente | NO utilizar |
|  C ELECTRICIDAD | NO utilizar | NO utilizar | SI Muy eficiente | SI Muy eficiente | SI Muy eficiente | NO utilizar |
|  D METALES COMB. | NO utilizar | NO utilizar | NO utilizar | NO utilizar | NO utilizar | SI Muy eficiente |

Figura 10.4. Clases de extintores.

Fuente: www.grippaldi.com.ar

Deberá instalarse como mínimo un matafuego cada 200 metros cuadrados de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 metros para fuegos de clase A y 15 metros para fuegos de clase B.

Para señalar la ubicación de un matafuego se debe colocar una chapa baliza, tal como lo muestra la figura siguiente. Esta es una superficie con franjas inclinadas en 45 ° respecto de la horizontal blancas y rojas de 10 cm de ancho.

La parte superior de la chapa deberá estar ubicada a 1,20 a 1,50 metros respecto del nivel de piso.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

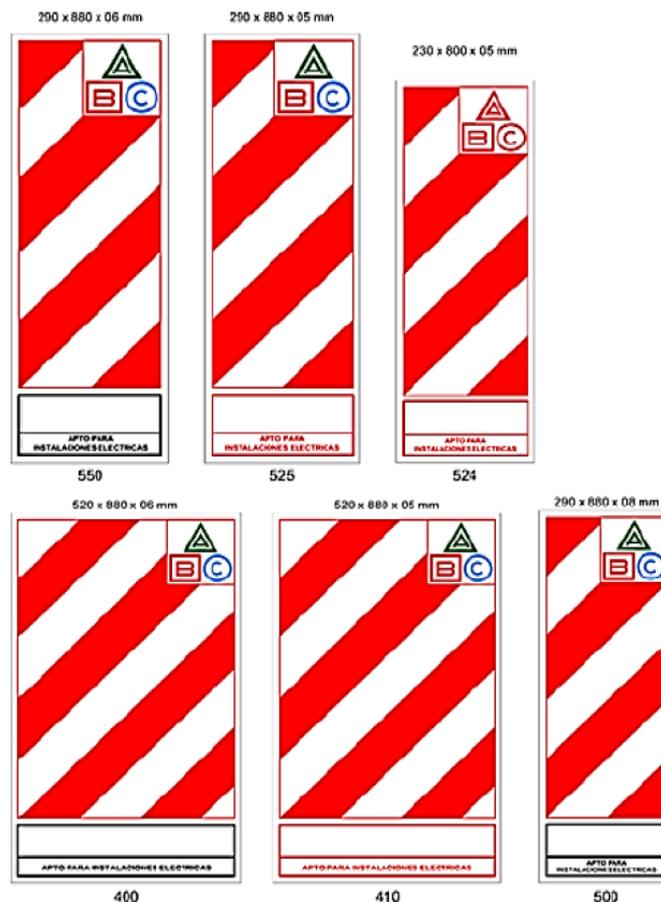


Figura 10.5. Chapas balizas.

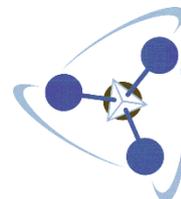
Fuente: Ley N° 19.587.

En lo que respecta a esta planta, se deberá utilizar matafuegos que actúen sobre fuegos clase A, B y C, con la correspondiente señalización. Se instalarán 150 matafuegos ubicados estratégicamente de forma tal que la distancia máxima a recorrer hasta los mismos sea menor a 20 metros.

Además de las consideraciones generales que se deben tener en cualquier instalación industrial, en este caso se debe dar un tratamiento especial a la protección contra incendios en los tanques de almacenamiento de gases. Esto es muy importante teniendo en cuenta el alto riesgo de explosión que presentan estas instalaciones.

La primera consideración que se tuvo fue a la hora del diseño de la planta, disponiendo para el almacenamiento de gases un lugar amplio y lo más alejado posible del resto de las instalaciones.

De acuerdo a las condiciones establecidas en distintas normativas sobre los métodos de supresión de incendios, el método escogido para la supresión y control de un incendio es un sistema combinado diluvio y monitores fijos de



tubería seca; se ha escogido esta metodología para tener una mejor cobertura en caso de una emergencia.



Figura 10.6. Monitor fijo contra incendios.

Fuente: impomak.com

10.2.9. SISTEMA DE ALARMAS

En esta planta se dispondrá de una serie de sonidos de alarma, asociados a sendos riesgos que puedan presentarse dentro de la planta.

Es importante la diferenciación en los riesgos teniendo en cuenta los distintos alcances que puedan tener los siniestros propios de este tipo de industria. A partir de cada sonido de alarma, se acciona un protocolo de seguridad considerando el riesgo al cual se expone la planta.

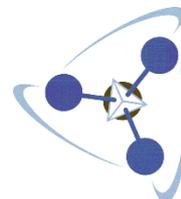
Cualquier persona que ingrese a la planta debe estar capacitada a fin de poder diferenciar las distintas alarmas en caso de que se activen y poder actuar en consecuencia.

10.3. MANEJO DEL HIDRÓGENO

10.3.1. FICHA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD QUÍMICA

En la siguiente ficha se define de manera uniforme el hidrógeno:

- Peligros; Prevención; Exposición; Riesgos
- Medidas de seguridad, Manejo de Hidrogeno
- Características; Propiedades; Clasificación
- Efectos negativos sobre la salud



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

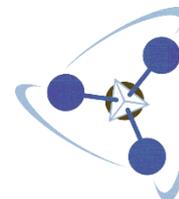
| | | | |
|--------------------|--------------|---------------------|--|
| HIDROGENO | | ICSC: 0001 | |
| | | Marzo 2002 | |
| CAS: | 1333-74-0 | H ₂ | |
| RTECS: | MW8900000 | Masa molecular: 2.0 | |
| NU: | 1049 | | |
| CE Índice Anexo I: | 001-001-00-9 | | |
| CE / EINECS: | 215-605-7 | | |

| TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN | PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS | PREVENCIÓN | PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS |
|------------------------------|--|--|--|
| INCENDIO | Extremadamente inflamable. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. | Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. | Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada, polvo, dióxido de carbono. |
| EXPLOSIÓN | Las mezclas gas/aire son explosivas. | Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas. No manipular las botellas con las manos grasientas. | En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido. |

| EXPOSICIÓN | | | |
|------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| Inhalación | Asfixia. | Sistema cerrado y ventilación. | Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica. |
| Piel | Congelación grave. | Guantes aislantes del frío. | Proporcionar asistencia médica. |
| Ojos | | Gafas de protección de seguridad. | |
| Ingestión | | | |

| DERRAMES Y FUGAS | ENVASADO Y ETIQUETADO |
|--|---|
| Eliminar toda fuente de ignición Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar el vapor con agua pulverizada. | Clasificación UE Símbolo: F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.1 |
| RESPUESTA DE EMERGENCIA | ALMACENAMIENTO |
| Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1049 Código NFPA: H 0; F 4; R 0; | A prueba de incendio. Mantener en lugar fresco. |

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005

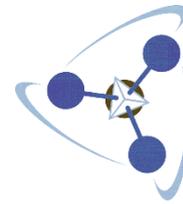


“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| DATOS IMPORTANTES | |
|---|---|
| ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Gas comprimido inodoro e incoloro. | VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación. |
| PELIGROS FÍSICOS: El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. El gas es más ligero que el aire. | RIESGO DE INHALACIÓN: Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire. |
| PELIGROS QUÍMICOS: El calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión. Reacciona violentamente con aire, oxígeno, halógenos y oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión. Los metales catalizadores tales como el platino o el níquel aumentan este tipo de reacciones. | EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: Asfixiante simple. Véanse Notas. |
| LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: asfixiante simple (ACGIH 2002). | |
| PROPIEDADES FÍSICAS | |
| Punto de ebullición: -253 °C Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.07 | Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 500-571 °C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4-76 |
| NOTAS | |
| Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor. Medir concentraciones de hidrógeno con un detector de gas adecuado (un detector de gas inflamable normal no es adecuado). | |
| INFORMACIÓN ADICIONAL | |
| Límites de exposición profesional (INSHT 2011): Notas: Asfixiante simple | |
| Nota legal | Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española. |
| © IPCS, CE 2005 | |

10.3.2. MEDIDAS CONTRA EL FUEGO

- Trabajar en espacios abiertos. Si se trabaja en espacios cerrados mantener una buena ventilación e incluso un extractor en el techo, que es la parte donde puede acumularse el hidrógeno en concentraciones que supongan un riesgo.
- Si se almacena el hidrógeno en botellas, deben ubicarse en el exterior del edificio.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Utilizar equipos que no produzcan chispas al ambiente, equipos de seguridad intrínseca.
- Contar con detectores de concentración con una alarma que se active cuando se den concentraciones que queremos evitar.

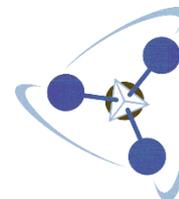
Si se buscan datos sobre la seguridad del hidrógeno en la práctica, teniendo en cuenta que el uso de hidrógeno en la industria está muy extendido, apenas se encuentran accidentes en los casi 100 años de producción de hidrógeno; ni en refinerías, ni en el transporte del mismo por carretera, barcos e hidrógenoductos.

10.3.3. VENTAJAS DEL HIDRÓGENO

- Baja densidad que lo hace muy volátil. Muy seguro cuando se trabaja en espacios abiertos ya que tiende a difundir hacia arriba evitando concentraciones elevadas.
- No es tóxico, al contrario que el resto de combustibles. En la salud humana su riesgo está limitado al desplazamiento de oxígeno.
- Baja densidad energética por unidad de volumen. La energía liberada en la combustión de cierta unidad de volumen a cierta presión es inferior que la de otros combustibles. Considerando aspectos de seguridad esto se considera una ventaja.
- Altos límites inferiores de inflamabilidad y detonación hacen más difícil que se produzca una explosión en ambientes con concentraciones bajas.
- Alta temperatura de combustión espontánea.

10.3.4. DESVENTAJAS DEL HIDRÓGENO

- Alta densidad energética por unidad de masa. Al igual que la baja densidad energética por unidad de volumen era positiva desde el punto de vista de la seguridad, la alta densidad energética por unidad de masa es considerada desfavorable en lo relativo a seguridad.
- Baja energía de activación en comparación con otros combustibles. Es necesaria poca energía para provocar la combustión. Cualquier chispa podría dar una reacción no deseada.
- Baja temperatura de licuefacción. Complica el almacenamiento y el uso de hidrógeno líquido.
- Molécula de hidrógeno de pequeño tamaño. El hidrógeno es altamente fugable, las instalaciones deben estar bien selladas y ser revisadas periódicamente para evitar fugas.
- Invisible e inodoro. Hace las fugas difíciles de detectar, se debe contar con equipos específicos de detección.
- La llama que desprende es invisible a la luz del día.
- Altos rangos de inflamabilidad y detonación. En mezclas ricas en combustible es más peligroso que los combustibles tradicionales.



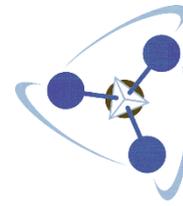
10.3.5. MANIPULACIÓN

Una de las principales características del hidrógeno a tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad son sus amplios límites de inflamabilidad y explosión. La Tabla 10.2 nos proporciona el rango de inflamabilidad en aire, 4-75 %, y de explosión en aire, 18,3-59 %. Cuando el hidrógeno se inflama comienza a arder desprendiendo una gran cantidad de calor, mientras que cuando se detona, se produce una onda expansiva y se intercambia energía a gran velocidad con el medio adyacente. La ventaja con respecto a estos amplios límites reside en que, al trabajar habitualmente con hidrógeno presurizado, si se da una fuga es difícil que se acumule hidrógeno cuando el depósito se encuentre al aire libre o en un habitáculo ventilado, ya que a medida que el gas sale del depósito, tiende a ascender debido a que es menos denso que el aire Figura 10.7.

Tabla 10.2. Propiedades del hidrógeno y seguridad en su empleo.

| | |
|---|-------------|
| Coefficiente de difusión en el aire (t y p normales), cm ² /seg. | 0,61 |
| Límites de inflamabilidad en el aire, % volumen | 4,0 - 75,0 |
| Límites de detonación en el aire, % volumen | 18,3 - 59,0 |
| Límites inflamabilidad en oxígeno, % volumen | 4,5 - 94,0 |
| Límites de detonación en oxígeno, % volumen | 15,0 - 90,0 |
| Temperatura de ignición en el aire, °C | 585 |
| Temperatura de ignición en oxígeno, °C | 560 |
| Temperatura de la llama en el aire, °C | 2045 |
| Calor de combustión kJ/mol* | 285,8 |

Fuente: Trabajo de grado: “Producción de hidrógeno vía electrolítica para su uso en automoción”.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

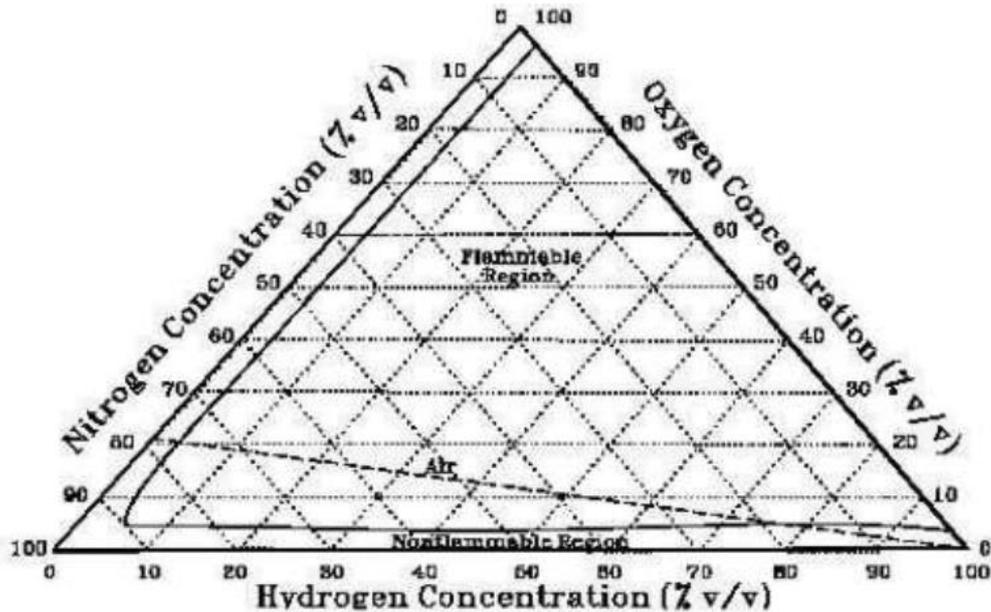


Figura 10.7. Diagrama ternario $H_2-O_2-N_2$ con las zonas de inflamabilidad.

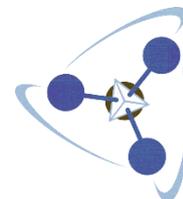
Fuente: Trabajo de grado: “Producción de hidrógeno vía electrolítica para su uso en automoción”.

10.3.6. ALMACENAMIENTO

En cuanto a temas de seguridad, también se tienen que considerar los materiales de los equipos que van a estar en contacto con el hidrógeno. En condiciones que no difieran mucho de las normales se pueden utilizar materiales corrientes, el problema surge cuando se aplican presiones mayores de 100 bar, habitualmente utilizadas cuando se trabaja con hidrógeno para resolver el problema de su baja densidad. A altas presiones aparecen problemas de fragilización, un proceso físico-químico-metalúrgico en el que se producen fenómenos de interacción química y difusión, provocando cambios críticos en la capacidad de transmisión de cargas y dando como resultado fracturas en el material cuando se ve sometido a tensiones que soportaría en una situación normal. La fragilización afecta principalmente a varios tipos de aceros (de alta resistencia, inoxidable austeníticos) y a aleaciones de níquel-titanio. Aluminios, cobres y aleaciones de cobre-berilio no sufren fragilización.

10.3.7. RIESGOS DE ALMACENAMIENTO

En la siguiente tabla se muestra un HAZOP (Hazard and Operability / Análisis Funcional de Operabilidad) realizado a un depósito de hidrógeno gaseoso.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 10.3. HAZOP realizado a un depósito de H₂.

| Nº | Parámetro | Desviación | Causa | Consecuencia | Seguridad |
|----|----------------------------|------------|---|-------------------------------------|---|
| 1 | Presión | Baja | 1. Fuga en el depósito 2. Fuga en las tuberías | Hidrógeno saliendo al ambiente | Medidor de presión que active la alarma. Ventilación en la sala |
| | | Alta | 1. Válvula de llenado abierta 2. Tanque sobrecalentado | Rotura en partes débiles del tanque | Válvula de alivio |
| 2 | Concentración de hidrógeno | Alta | 1. Fuga de hidrógeno en el depósito 2. Fuga de hidrógeno en las tuberías | Se forma una mezcla explosiva | Sensor activo de hidrógeno activa la alarma Sistema de ventilación |

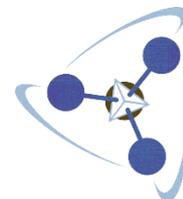
Fuente: Trabajo de grado: “Producción de hidrógeno vía electrolítica para su uso en automoción”.

10.4. CONCLUSIÓN

En suma, la seguridad e higiene dentro de una empresa es importante porque mediante la corrección de problemas, la detección de fallas y la evaluación de riesgos, se pueden llegar a prevenir un número importante de accidentes y enfermedades dentro del ámbito laboral.

Esto es importante para la organización no solo del punto de vista humano, sino también económico, teniendo en cuenta que un ambiente laboral sano permite una mayor productividad por parte de los trabajadores de la planta.

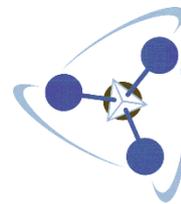
Los aspectos de seguridad no suponen un mayor inconveniente para la operación de la celda y la producción de hidrógeno por vía electrolítica, aunque se puede destacar el almacenamiento de H₂ como el punto más problemático. En espacios ventilados es poco probable que se alcancen concentraciones peligrosas. Los sistemas de seguridad empleados (PRDs “Pressure Relief



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Devices” y TRPDs “Thermal Pressure Relief Devices”) son relativamente sencillos, y están diseñados para activarse en situaciones de altas temperaturas y/o presiones liberando el contenido del interior del depósito en condiciones de seguridad.

Desde el punto de vista ambiental, ante las emisiones de los combustibles fósiles, el hidrógeno se presenta como una energía limpia. El uso del hidrógeno en automoción solamente emite vapor de agua como residuo. No obstante, si se analiza el ciclo de vida, las emisiones dependen del origen de la energía empleada para producir el hidrógeno. Las nuevas normativas, cada día más estrictas en lo relativo a emisiones, hacen que se busquen alternativas a los combustibles fósiles, presentando al hidrógeno como una opción válida en el futuro.



11. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

11.1. INTRODUCCIÓN

La viabilidad o factibilidad económica, se determinará respecto a criterios de Valor Actual Neto (VAN), que dará el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuro evaluados a 10 años; y la Tasa Interna de Retorno (TIR), que establece la tasa a la cual se recuperará la inversión.

Se llevará a cabo una evaluación detallada de las características del proyecto propuesto: se estudiará la tasa de descuento, estructura de costos, se realizará el cálculo de los beneficios; y se observará la rentabilidad. Luego se completará el estudio en los capítulos posteriores, por medio de un análisis de riesgos y sensibilidad. Por último, se determina hasta qué punto se puede modificar una variable para que el proyecto comience a ser rentable.

11.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La tasa de descuento o coste de capital es una medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.

La tasa de descuento empleada en la actualización de los flujos de caja de un proyecto, es una de las variables que más influyen en el resultado de la evaluación del mismo, teniendo así que la utilización de una tasa de descuento inapropiada puede llevar a un resultado equivocado de la evaluación.

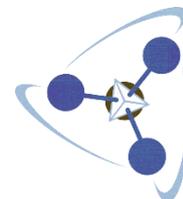
El método más empleado en la actualidad para determinar esta tasa es el basado en el modelo de precios de los activos de capital, conocido con las siglas CAPM (Capital Asset Pricing Model).

Por este método la tasa de descuento se calcula de la siguiente forma:

$$r = R_f + (R_m - R_f) * \beta + R_p$$

Para el cálculo de la tasa de descuento a través de este método se tiene en cuenta:

- **La tasa libre de riesgo (R_f):** Es práctica habitual, y aceptada en forma generalizada, evaluar la tasa de libre riesgo como el rendimiento de los Bonos del Tesoro de Estados Unidos (Treasury Bonds o T-Bonds) con una madurez equivalente a la vida útil del activo que se desea evaluar. Para un horizonte de evaluación a diez años el T-bonds es del 5%.



- **La tasa de rentabilidad observada en el mercado (R_m) en EEUU:** Se considera de un 10% y abarca a todos los sectores de la economía.
- **La sensibilidad (β):** relaciona el riesgo del proyecto con el riesgo del mercado. Los bienes producidos por este proyecto se consideran materiales del sector químico especializado y presentan una sensibilidad de alto riesgo o mayor riesgo que el del mercado. Se utilizó un valor de beta igual a 1,01. El valor de beta fue extraído de la siguiente página: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html#growth (asumiendo que el hidrógeno verde pertenece a la categoría de energías renovables y verdes).
- **Riesgo país (R_p):** Se ha optado por determinar el riesgo país mediante el EMBI+ (Emerging Market Bond Índice Plus). Según la fuente ámbito.com el valor de riesgo país promedio histórico para la Argentina es de 1265 puntos básicos, por lo tanto, se asumirá tal valor para realizar el cálculo.

Con los datos obtenidos ya puede procederse al cálculo de la tasa de descuento aplicable a este proyecto.

$$r = R_f + (R_m - R_f) * \beta + R_p = 5 + (10 - 5) * 1,01 * 12,65$$
$$r = 22,7\%$$

11.3. ESTRUCTURA DE COSTOS

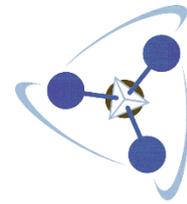
Para la determinación de los costos del proyecto, se recurrió a información brindada por los proveedores de equipos establecidos en el Capítulo 6 “Ingeniería de Detalle” así como también a la página web *alibaba.com*, la cual reúne ofertas de distintos proveedores.

11.3.1. INVERSIÓN INICIAL

La realización de un proyecto implica utilizar recursos para dos etapas distintas:

- a. La instalación y el montaje del proyecto
- b. La etapa de operación o funcionamiento del proyecto

Se debe disponer de toda inversión relativa a toda la distribución de la planta, a las dimensiones y al rendimiento de la maquinaria, las características y el costo de los edificios, construcciones y equipo complementario, etc. Esto permite la estimación del valor de los activos necesarios para obtener el total de la inversión requerida.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Es necesario mencionar que antes de realizar una inversión se tiene que considerar si esto llevará a obtener unos ingresos mayores que los costos de inversión.

Las erogaciones que deberían realizarse previa a comenzar a operar una planta industrial son los denominados costos de inversión. Éstos representan una significativa cantidad de dinero, el cual será destinado a realizar varias acciones requeridas antes de la puesta en marcha. La inversión inicial está compuesta por activos de dos tipos: tangibles e intangibles.

A continuación, se presenta una serie de tablas donde se listan todas las inversiones en tangibles e intangibles de los cuales se debe disponer para la puesta en funcionamiento de la planta objeto de este proyecto.

En estas tablas también se clasifican los bienes necesarios en base a la naturaleza de los mismos.

En el caso de las maquinarias, es importante considerar además de su costo inicial un valor adicional obtenido a través del método de Lang. En este método se multiplica la inversión necesaria en cada concepto por un determinado factor y de esta manera se estima ($\pm 20\%$) el costo total incluyendo transporte e instalación.

11.3.1.1. Terreno

La adquisición de lotes en el Parque Industrial de San Antonio Oeste dependerá del precio de venta estipulado por el propietario del terreno, siempre y cuando se cumpla con todos los requisitos planteados por las correspondientes ordenanzas municipales. El costo de los servicios y gastos comunes depende de la superficie de terreno que sea utilizada.

Tabla 11.1. Inversión inicial en terreno.

| TERRENO | | |
|---------------------------|----------------------|----------------|
| Costo por m ² | 1.46 | USD |
| m ² necesarios | 100000 | m ² |
| Subtotal | 145856.4 | USD |
| % Trámites | 10 | % |
| Costo trámites | 14585.64 | USD |
| Costo de cierre | 3690 | USD |
| Costo de nivelación | 9800 | USD |
| TOTAL | \$ 173,932.04 | USD |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.1.2. Edificio e instalaciones

La inversión en edificaciones se calcula en base al costo unitario de cada tipo de instalación. Y las dimensiones ya han sido determinadas en el capítulo 6 “Ingeniería de detalle”. El costo correspondiente a instalaciones eléctricas se estima como aproximadamente un 30% del total del costo de las edificaciones. En el caso de las tuberías, se procede de la misma manera considerando un 4% del costo de la edificación.

Tabla 11.2. Inversión inicial en edificios e instalaciones.

| EDIFICIOS E INSTALACIONES | | | |
|---------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Ítem | Superficie (m ²) | USD/m ² | Total |
| Producción | 7000 | \$ 250.00 | \$ 1,750,000.00 |
| Tratamiento de agua | 7000 | \$ 200.00 | \$ 1,400,000.00 |
| Generación energía | 5000 | \$ 300.00 | \$ 1,500,000.00 |
| Acondicionamiento biomasa | 4000 | \$ 200.00 | \$ 800,000.00 |
| Almacenamiento biomasa | 30000 | \$ 100.00 | \$ 3,000,000.00 |
| Almacenamiento gases | 10000 | \$ 300.00 | \$ 3,000,000.00 |
| Almacén general | 1000 | \$ 190.00 | \$ 190,000.00 |
| Laboratorio | 150 | \$ 280.00 | \$ 42,000.00 |
| Comedor | 100 | \$ 200.00 | \$ 20,000.00 |
| Oficina | 50 | \$ 180.00 | \$ 9,000.00 |
| Estacionamiento | 600 | \$ 190.00 | \$ 114,000.00 |
| Sanitarios y vestidores | 60 | \$ 210.00 | \$ 12,600.00 |
| Instalación eléctrica | 1 | \$ 3,551,280.00 | \$ 3,551,280.00 |
| Tuberías | 1 | \$ 473,504.00 | \$ 473,504.00 |
| Caminos (km) | 1.5 | \$ 5,000.00 | \$ 7,500.00 |
| TOTAL | 64960 | | \$ 15,869,884.00 |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.1.3. Maquinaria y equipos

En el capítulo 6 “Ingeniería de detalle”, se determinó de forma detallada todas las necesidades en cuanto a equipos. Al costo ya determinado, se lo debe multiplicar por el factor de Lang, de forma de calcular el costo total necesario a invertir para que el equipo se encuentre instalado en la planta. En este caso el factor de Lang es de 1,9, obtenido de la revista Chemical Engineering en la sección de “Economics Indicator”.

Tabla 11.3. Inversión inicial en maquinarias y equipos.

| MAQUINARIA Y EQUIPOS | | | | |
|------------------------------------|----------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| ÍTEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL | COSTO INSTALADO |
| Sistema Ciclo Rankine | 1 | \$10,000,000.00 | \$10,000,000.00 | \$19,000,000.00 |
| Sistema Ósmosis inversa | 2 | \$300,000.00 | \$600,000.00 | \$1,140,000.00 |
| EDI | 1 | \$200,000.00 | \$200,000.00 | \$380,000.00 |
| Tanque Almacenamiento de agua | 1 | \$50,000.00 | \$50,000.00 | \$95,000.00 |
| Bomba de extracción de agua de mar | 1 | \$10,000.00 | \$10,000.00 | \$19,000.00 |
| Electrolizador y complementos | 2 | \$30,600,000.00 | \$61,200,000.00 | \$116,280,000.00 |
| Compresor H ₂ | 14 | \$850,850.00 | \$11,911,900.00 | \$22,632,610.00 |
| Compresor O ₂ | 5 | \$23,800.00 | \$119,000.00 | \$226,100.00 |
| Tanque almac. H ₂ | 9 | \$8,000,000.00 | \$72,000,000.00 | \$136,800,000.00 |
| Tanque almac. O ₂ | 9 | \$863,920.00 | \$7,775,280.00 | \$14,773,032.00 |
| Trituradora biomasa | 1 | \$150,000.00 | \$150,000.00 | \$285,000.00 |
| Equipamiento laboratorio | 1 | \$20,000.00 | \$20,000.00 | \$20,000.00 |
| Autoelevador | 2 | \$20,000.00 | \$40,000.00 | \$40,000.00 |
| TOTAL | | | \$164,076,180.00 | \$311,690,742.00 |

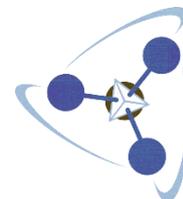
Fuente: Elaboración propia.

11.3.1.4. Muebles y útiles

En este apartado se considera la inversión a realizar en elementos para equipar las oficinas administrativas y el comedor. A esta inversión se le adiciona un 5% para contemplar distintos imprevistos.

Tabla 11.4. Inversión en muebles y útiles.

| MUEBLES Y ÚTILES | | | |
|------------------|----------|-----------------|-------------|
| ÍTEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| Computadora | 5 | \$549.00 | \$2,745.00 |
| Impresora | 2 | \$287.00 | \$574.00 |
| Escritorio | 6 | \$55.00 | \$330.00 |
| Silla | 30 | \$35.00 | \$1,050.00 |
| Mesa | 6 | \$80.00 | \$480.00 |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| | | | |
|--------------------|---|------------|-------------------|
| Armario | 4 | \$160.00 | \$640.00 |
| Aire acondicionado | 3 | \$400.00 | \$1,200.00 |
| Teléfono | 3 | \$150.00 | \$450.00 |
| Imprevistos (5%) | 1 | \$373.45 | \$373.45 |
| TOTAL | | USD | \$7,842.45 |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.1.5. Costos diferidos

Las inversiones en activos intangibles son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

El total de cargos diferidos se estima como un porcentaje de las inversiones descritas anteriormente. En concepto de planeación e integración del proyecto se estima un 0,3% de la inversión total en activos fijos. La ingeniería del proyecto tiene un costo equivalente al 0,35% del costo total de los equipos de planta. En supervisión del proyecto se debe invertir un 0,15% del capital invertido en activos fijos.

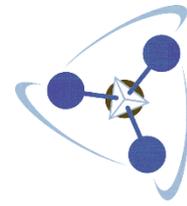
La constitución de una empresa en Argentina representa un costo de aproximadamente 4500 dólares. La administración del proyecto tiene un costo equivalente al 0,5% de la inversión en activos fijos. La puesta en marcha del equipo tiene un costo igual al 2% del costo de los equipos de planta.

Por último, la inversión en patentes y licencias se estima, según información provista por empresas del sector, en 0,3 dólares por tonelada de hidrógeno a producir.

Tabla 11.5. Inversión en cargos diferidos.

| ACTIVOS INTANGIBLES | | |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------|
| CARGOS DIFERIDOS | PORCENTAJE | COSTO TOTAL |
| Planeación e integración del proyecto | 0.30% | \$492,252.07 |
| Ingeniería de proyecto | 0.35% | \$574,294.08 |
| Supervisión del proyecto | 0.15% | \$246,126.03 |
| Administración del proyecto | 0.50% | \$820,420.11 |
| Puesta en marcha | 2% | \$3,281,680.45 |
| Constitución de la empresa | \$4,500.00 | \$4,500.00 |
| Patentes y licencias | \$ 0.3/tn H2 | \$1,664.64 |
| TOTAL | USD | \$5,420,937.38 |

Fuente: Elaboración propia.



11.3.1.6. Inversión necesaria

Para la instalación y puesta en marcha de una planta de producción de hidrógeno de las características planteadas en este proyecto, se necesita una inversión inicial igual a la suma de los valores planteados anteriormente.

Esto implica que el valor de la inversión total requerida para el proyecto asciende a los U\$S 333.163.337,87.

11.3.2. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

El cronograma de inversiones es la presentación de las inversiones detalladas por cada uno de los conceptos básicos en función del tiempo en que se van a realizar, indicando las sumas a invertir en cada concepto, totalizadas por la unidad de tiempo que en este caso es años.

En una industria de este tipo, y debido a las características del proceso, se considera óptimo que la inversión total de puesta en marcha sea realizada en el primer año.

Dentro de este año, la construcción de la edificación e instalaciones se plantea hacer en los primeros seis meses en desembolsos de igual valor.

Los costos diferidos se emplean en su totalidad en el primer mes, a excepción de los costos de puesta en marcha de la planta que, lógicamente, se necesitan en el último mes de inversión.

La adquisición de maquinarias y equipos se determina que se realizará desde el séptimo al doceavo mes en valores equivalentes todos los meses.

Por último, tanto muebles y útiles como rodados y maquinarias son adquiridos en el último mes debido a que no demandan una gran cantidad de tiempo para su instalación.

Como la inversión total se realiza en periodos distintos de tiempo, para el cálculo de su valor real al momento cero de este proyecto, se realiza una actualización de los distintos costos mensuales.

El primer paso para realizar este cálculo es determinar la tasa equivalente mensual a la tasa de descuento anual calculada para este proyecto.

$$TEM = (1 + r)^{\frac{1}{12}} - 1 = (1 + 0,227)^{\frac{1}{12}} - 1 = 0,0172 = 1,72\%$$

Con esta tasa se actualizan las inversiones a realizar cada mes, considerando que la erogación correspondiente se hace a la mitad de cada mes.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 11.6. Cronograma de inversiones.

| CRONOGRAMA DE INVERSIONES | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ÍTEM | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 |
| Terreno | \$173.932,04 | | | | | |
| Edificios e instalaciones | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 |
| Maquinarias y equipos | | | | | | |
| Muebles y útiles | | | | | | |
| Rodados | | | | | | |
| Cargos diferidos | \$2.139.256,93 | | | | | |
| Total | \$4.958.169,64 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 | \$2.644.980,67 |
| Valor a inicio de actividades | \$6.490.833,26 | \$3.385.737,76 | \$3.310.587,43 | \$3.237.105,14 | \$3.165.253,88 | \$3.094.997,44 |

| CRONOGRAMA DE INVERSIONES | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| ÍTEM | MES 7 | MES 8 | MES 9 | MES 10 | MES 11 | MES 12 |
| Terreno | | | | | | |
| Edificios e instalaciones | | | | | | |
| Maquinarias y equipos | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 |
| Muebles y útiles | | | | | | \$7.842,45 |
| Rodados | | | | | | \$40.000,00 |
| Cargos diferidos | | | | | | \$3.281.680,45 |
| Total | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$51.941.790,33 | \$55.271.313,23 |
| Valor a inicio de actividades | \$67.997.976,06 | \$59.430.098,56 | \$56.821.139,47 | \$55.559.929,08 | \$54.326.712,70 | \$56.525.972,04 |
| TOTAL A INICIO DE ACTIVIDADES | | | | | | \$373.346.342,82 |

Fuente: Elaboración propia.



De esta forma, el valor de la inversión inicial, actualizada al momento cero del proyecto asciende a U\$S 373.346.342,82.

11.3.3. INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO (ICT)

La empresa para poder operar requiere de recursos para cubrir necesidades de insumos, materia prima, mano de obra, reposición de activos fijos, etc. Estos recursos deben estar disponibles a corto plazo para cubrir las necesidades de la empresa a tiempo.

Existen diversas formas de cálculo del capital de trabajo. Las más utilizadas son:

- Método de desfase
- Método de déficit acumulado máximo
- Método contable

11.3.3.1. Selección de método

Generalmente el método del déficit acumulado máximo es el más utilizado para proyectos cuya estacionalidad es marcada, por otro lado el sistema de periodo de desfase es muy útil para aquellos proyectos que tienen periodos de recuperación cortos, sin embargo éste último manifiesta la deficiencia de no considerar los ingresos que se podrían percibir durante el periodo de recuperación (por ventas realizadas a otros consumidores), con lo que el monto así calculado tiende a sobre evaluarse, castigando el resultado de la evaluación.

Pese a lo expuesto previamente, para el caso de este proyecto resulta de mayor utilidad la aplicación del método de desfase.

11.3.3.2. Cálculo de la inversión en capital de trabajo

El cálculo del capital de trabajo a través del método seleccionado se realiza empleando la siguiente fórmula:

$$ICT = \frac{CA}{340} * n_d$$

Donde:

- ICT: Inversión inicial en capital de trabajo
- CA: costo anual proyectado para el primer año de operación
- n_d : número de días de desfase entre la ocurrencia de los egresos y la generación de ingresos.

Para calcular el periodo de desfase se tendrá en cuenta:



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Tiempo de elaboración del producto: 5 días.
- Tiempo de comercialización: 10 días.
- Tiempo en que se hace efectivo el cobro: 30 días.

Entonces, $n_d = 45$ días

El detalle del cálculo del costo anual de operación se presenta en apartados posteriores. El valor de los costos totales del primer año es de es de U\$S 150.286.040,09.

Reemplazando estos valores en la fórmula de cálculo se determina que la inversión en capital de trabajo alcanza un valor de U\$S 19.890.799,42.

11.3.4. COSTOS FIJOS

Un costo fijo es una erogación en que la empresa debe incurrir obligatoriamente, aún cuando la empresa opere a bajos niveles, o no lo haga, razón por la que son tan importantes en la estructura financiera de cualquier empresa.

Este costo está compuesto por una serie de factores, los cuales serán descritos y cuantificados en los posteriores apartados.

11.3.4.1. Costos por depreciaciones y amortizaciones

Las definiciones de depreciación y amortización se refieren en ambos casos a la pérdida de valor económico que sufre un activo con el transcurrir del tiempo.

La diferencia entre ambos conceptos es que la depreciación hace referencia a la pérdida de valor en el caso de los activos tangibles, mientras que la amortización se refiere a bienes intangibles.

El porcentaje de depreciación/amortización depende del tipo de activo que se esté analizando y se encuentra establecido por ley para cada caso.

En la siguiente serie de tablas se presentan los costos en conceptos de amortizaciones y depreciaciones para los activos que componen la inversión de la empresa.

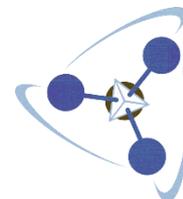


Tabla 11.7. Depreciaciones y amortizaciones del proyecto.

| DEPRECIACIONES | | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------------------|
| ÍTEM | INVERSIÓN INICIAL | VIDA ÚTIL | DEPRECIACIÓN ANUAL | VALOR RESIDUAL |
| Edificio e instalaciones | \$15,869,884.00 | 25 | \$634,795.36 | \$9,521,930.40 |
| Maquinaria y equipos | \$164,036,180.00 | 10 | \$16,403,618.00 | \$0.00 |
| Muebles y útiles | \$7,842.45 | 3 | \$2,614.15 | \$0.00 |
| Rodados | \$40,000.00 | 5 | \$8,000.00 | \$0.00 |
| TOTAL | \$179,953,906.45 | | \$17,049,027.51 | \$9,521,930.40 |

| AMORTIZACIONES | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|----------------|
| ÍTEM | INVERSIÓN INICIAL | VIDA ÚTIL | DEPRECIACIÓN ANUAL | VALOR RESIDUAL |
| Cargos diferidos | \$5,420,937.38 | 2 | \$2,710,468.69 | \$0.00 |
| TOTAL | \$5,420,937.38 | | \$2,710,468.69 | \$0.00 |

Fuente: Elaboración propia.

El costo anual del total de amortizaciones varía dependiendo el año que se analice en el horizonte de evaluación, debido a que dependiendo el concepto que se analice, varía la vida útil contable. En el primer año, este valor representa un total de U\$S 19.759.496,20.

11.3.4.2. Costos fijos de mano de obra

En el Capítulo 7 “Aspectos organizacionales”, se presentó un análisis del organigrama de la empresa. Partiendo de esta información se determina cuáles son las funciones que componen la mano de obra permanente.

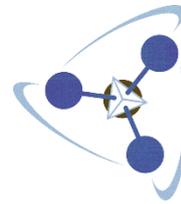
Su definición se realiza planteando un escenario de parada de producción, y en este caso se analiza cuáles son las personas que deben seguir prestando función para que la planta pueda seguir funcionando.

Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 11.8.

Tabla 11.8. Costos fijos en mano de obra permanente.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”



| Función | Cantidad | Categoría | Sueldo básico | Extra (vacaciones, aguinaldo, etc.) | Sueldo neto | Jubilación | Obra social | ART | Cuota sindical | Aporte personal | Sueldo bruto | Total anual empleados | Aportes patronales anuales | Previsión por despido anual | | |
|-------------------------------------|----------|-----------|---------------|-------------------------------------|-------------|------------|-------------|---------|----------------|-----------------|--------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|---------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,2 | |
| Gerente general | 1 | Fuera CCT | \$2,248.00 | \$1,348.80 | \$3,596.80 | \$247.28 | \$67.44 | \$22.48 | \$67.44 | \$67.44 | \$4,068.88 | \$48,826.56 | \$16,845.16 | \$9,765.31 | 0,2 | \$75,437.04 |
| Gerente de producción | 1 | Fuera CCT | \$2,000.00 | \$1,200.00 | \$3,200.00 | \$220.00 | \$60.00 | \$20.00 | \$60.00 | \$60.00 | \$3,620.00 | \$43,440.00 | \$14,986.80 | \$8,688.00 | | \$67,114.80 |
| Jefe de mantenimiento | 1 | Fuera CCT | \$1,370.00 | \$822.00 | \$2,192.00 | \$150.70 | \$41.10 | \$13.70 | \$41.10 | \$41.10 | \$2,479.70 | \$29,756.40 | \$10,265.96 | \$5,951.28 | | \$45,973.64 |
| Oficial instrumentista | 1 | A3 | \$1,167.00 | \$700.20 | \$1,867.20 | \$128.37 | \$35.01 | \$11.67 | \$35.01 | \$35.01 | \$2,112.27 | \$25,347.24 | \$8,744.80 | \$5,069.45 | | \$39,161.49 |
| Oficial electricista | 1 | A1 | \$954.00 | \$572.40 | \$1,526.40 | \$104.94 | \$28.62 | \$9.54 | \$28.62 | \$28.62 | \$1,726.74 | \$20,720.88 | \$7,148.70 | \$4,144.18 | | \$32,013.76 |
| Jefe de laboratorio | 1 | Fuera CCT | \$1,067.00 | \$640.20 | \$1,707.20 | \$117.37 | \$32.01 | \$10.67 | \$32.01 | \$32.01 | \$1,931.27 | \$23,175.24 | \$7,995.46 | \$4,635.05 | | \$35,805.75 |
| Encargado Tratamiento de agua | 1 | A3 | \$1,167.00 | \$700.20 | \$1,867.20 | \$128.37 | \$35.01 | \$11.67 | \$35.01 | \$35.01 | \$2,112.27 | \$25,347.24 | \$8,744.80 | \$5,069.45 | | \$39,161.49 |
| Encargado Producción de Energía | 1 | A3 | \$1,167.00 | \$700.20 | \$1,867.20 | \$128.37 | \$35.01 | \$11.67 | \$35.01 | \$35.01 | \$2,112.27 | \$25,347.24 | \$8,744.80 | \$5,069.45 | | \$39,161.49 |
| Encargado Acondicionamiento biomasa | 1 | A3 | \$1,167.00 | \$700.20 | \$1,867.20 | \$128.37 | \$35.01 | \$11.67 | \$35.01 | \$35.01 | \$2,112.27 | \$25,347.24 | \$8,744.80 | \$5,069.45 | | \$39,161.49 |
| Encargado electrólisis | 1 | A3 | \$1,167.00 | \$700.20 | \$1,867.20 | \$128.37 | \$35.01 | \$11.67 | \$35.01 | \$35.01 | \$2,112.27 | \$25,347.24 | \$8,744.80 | \$5,069.45 | | \$39,161.49 |
| Gerente de economía y finanzas | 1 | Fuera CCT | \$1,905.00 | \$1,143.00 | \$3,048.00 | \$209.55 | \$57.15 | \$19.05 | \$57.15 | \$57.15 | \$3,448.05 | \$41,376.60 | \$14,274.93 | \$8,275.32 | | \$63,926.85 |
| Encargado de caja | 1 | Fuera CCT | \$667.00 | \$520.20 | \$1,187.20 | \$95.37 | \$26.01 | \$8.67 | \$26.01 | \$26.01 | \$1,569.27 | \$18,831.24 | \$6,496.78 | \$3,766.25 | | \$29,094.27 |
| Encargado de créditos y finanzas | 1 | Fuera CCT | \$952.00 | \$571.20 | \$1,523.20 | \$104.72 | \$28.56 | \$9.52 | \$28.56 | \$28.56 | \$1,723.12 | \$20,677.44 | \$7,133.72 | \$4,135.49 | | \$31,946.64 |
| Encargado contabilidad | 1 | Fuera CCT | \$1,905.00 | \$1,143.00 | \$3,048.00 | \$209.55 | \$57.15 | \$19.05 | \$57.15 | \$57.15 | \$3,448.05 | \$41,376.60 | \$14,274.93 | \$8,275.32 | | \$63,926.85 |
| Gerente comercial | 1 | Fuera CCT | \$1,905.00 | \$1,143.00 | \$3,048.00 | \$209.55 | \$57.15 | \$19.05 | \$57.15 | \$57.15 | \$3,448.05 | \$41,376.60 | \$14,274.93 | \$8,275.32 | | \$63,926.85 |
| Gerente de logística | 1 | Fuera CCT | \$1,430.00 | \$856.00 | \$2,286.00 | \$157.30 | \$42.90 | \$14.30 | \$42.90 | \$42.90 | \$2,588.30 | \$31,059.60 | \$10,715.56 | \$6,211.92 | | \$47,987.08 |
| Encargado almacén | 1 | A | \$1,310.00 | \$786.00 | \$2,096.00 | \$144.10 | \$39.30 | \$13.10 | \$39.30 | \$39.30 | \$2,371.10 | \$28,453.20 | \$9,816.35 | \$5,630.64 | | \$43,960.19 |
| | | | | | | | | | | | | | | | TOTAL | \$796,921.14 |



Fuente: Elaboración propia.

11.3.4.3. Costos fijos de servicios y otros

En este apartado se incluyen aquellos costos fijos que no pueden ser incluido en los ítems anteriores. Así se contabilizan por ejemplo costos de librería, agua, internet, teléfonos, etc.

El costo de mantenimiento tendrá un valor del 4% del valor de la inversión inicial del proyecto.

Tabla 11.9. Costos fijos de servicios y otros.

| SERVICIOS Y OTROS | |
|----------------------|------------------------|
| SERVICIO | COSTO ANUAL |
| Librería | \$800.00 |
| Teléfonos e internet | \$1,600.00 |
| Seguridad | \$120,000.00 |
| Limpieza | \$12,000.00 |
| Recursos Humanos | \$90,000.00 |
| Atención Médica | \$60,000.00 |
| Comedor | \$10,000.00 |
| Mantenimiento | \$13,326,533.51 |
| TOTAL | \$13,620,933.51 |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.4.4. Resumen de costos fijos

A modo de conclusión parcial se presenta en este apartado un análisis de los diferentes valores de costos fijos obtenidos para el año 1 de funcionamiento del proyecto.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

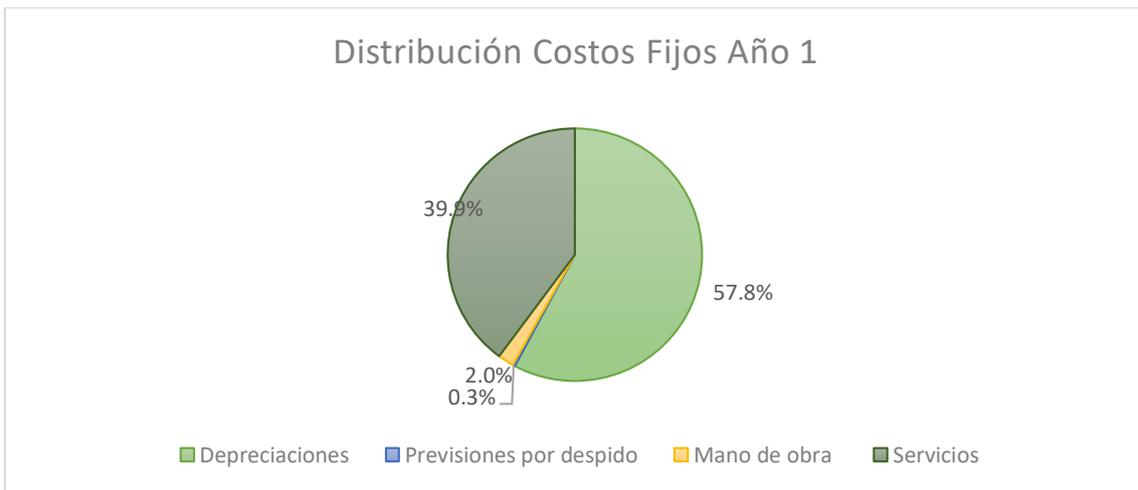


Figura 11.1. Distribución de costos fijos para el año 1.

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse, la gran mayoría de costos fijos están relacionados con el costo debido a depreciaciones y amortizaciones de la inversión inicial. Sin embargo, el grado de influencia de este costo disminuye a medida que avanza el horizonte de evaluación. Esta variación se presenta en la Figura 11.2.

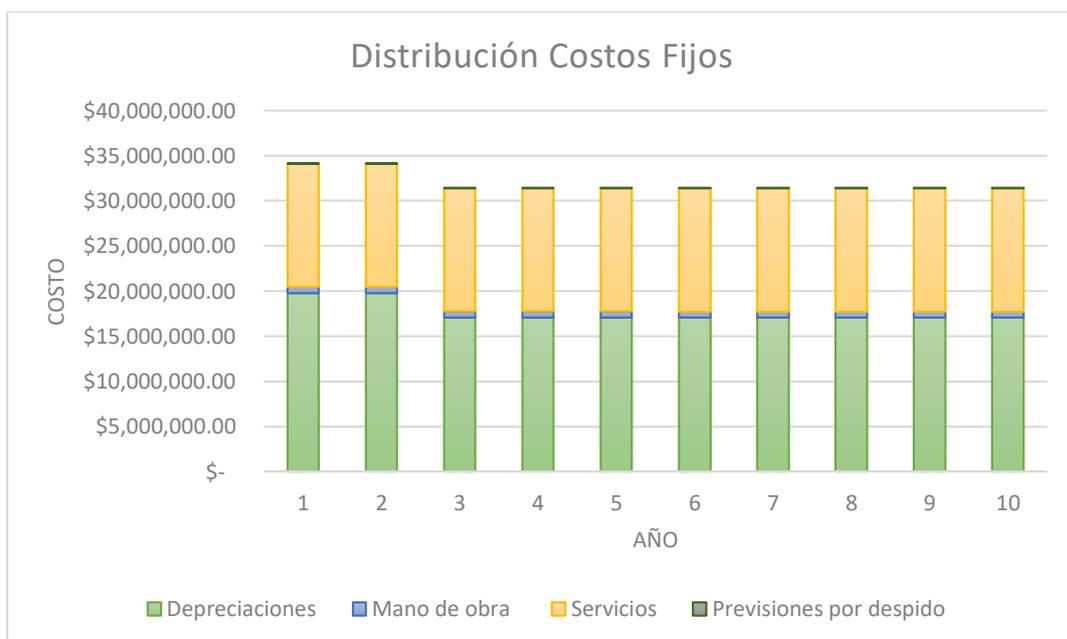


Figura 11.2. Distribución anual de costos fijos del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



11.3.5. COSTOS VARIABLES

Como su nombre lo indica, el costo variable hace referencia a los costos de producción que varían dependiendo del nivel de producción.

Todo aquel costo que aumenta o disminuye según aumente o disminuya la producción, se conoce como costo variable.

La organización debe intentar que la mayor parte de sus costos sean variables, para disminuir el mínimo posible sus costos totales en casos en los cuales se deba reducir la producción.

11.3.5.1. Costos variables por materias primas e insumos

Tanto las materias primas como los insumos necesarios para la obtención de polipropileno se han mencionado y cuantificado especialmente en el capítulo 6 “Ingeniería de detalle”.

En la Tabla 11.10 se muestran los resultados de los costos variables debidos a materias primas e insumos. Estos se calculan multiplicando el costo unitario de cada factor por las cantidades necesarias.

Tabla 11.10. Costos variables de materias primas e insumos.

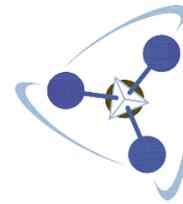
| MATERIA PRIMA | | | |
|----------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| Ítem | Costo por tn | Tn necesarias por mes | Costo total anual |
| Restos de poda de frutales | \$50.00 | 12960 | \$7,776,000.00 |
| TOTAL | | | \$7,776,000.00 |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.5.2. Costos variables por mano de obra variable

Entran en esta clasificación todas aquellas funciones incluidas en el organigrama de la empresa y que no se hayan considerado anteriormente dentro de los costos fijos de mano de obra.

Tabla 11.11. Costos variables de mano de obra variable.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| Función | Cantidad | Categoría | Sueldo básico | Extra (vacaciones, aguinaldo, etc.) | Sueldo neto | Jubilación | Obra social | ART | Cuota sindical | Aporte personal | Sueldo bruto | Subtotal anual empleados | Aportes patronales anuales | Total anual | Previsión por despido anual | |
|---------------------------------------|----------|-----------|---------------|-------------------------------------|-------------|------------|-------------|---------|----------------|-----------------|--------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|------|
| | | | | | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,11 |
| Oficial instrumentista | 6 | A3 | \$1.167,00 | \$700,20 | \$1.867,20 | \$205,39 | \$56,02 | \$18,67 | \$56,02 | \$56,02 | \$2.259,31 | \$27.111,74 | \$9.353,55 | \$36.465,30 | \$7.293,06 | |
| Oficial electricista | 6 | A1 | \$954,00 | \$572,40 | \$1.526,40 | \$167,90 | \$45,79 | \$15,26 | \$45,79 | \$45,79 | \$1.846,94 | \$22.163,33 | \$7.646,35 | \$29.809,68 | \$5.961,94 | |
| Oficial con oficio | 6 | A | \$877,00 | \$526,20 | \$1.403,20 | \$154,35 | \$42,10 | \$14,03 | \$42,10 | \$42,10 | \$1.697,87 | \$20.374,46 | \$7.029,19 | \$27.403,65 | \$5.480,73 | |
| Laboratorista | 6 | A2 | \$1.053,00 | \$631,80 | \$1.684,80 | \$185,33 | \$50,54 | \$16,85 | \$50,54 | \$50,54 | \$2.038,61 | \$24.463,30 | \$8.439,84 | \$32.903,13 | \$6.580,63 | |
| Operador Sistema Tratamiento de agua | 6 | B | \$675,00 | \$405,00 | \$1.080,00 | \$118,80 | \$32,40 | \$10,80 | \$32,40 | \$32,40 | \$1.306,80 | \$15.681,60 | \$5.410,15 | \$21.091,75 | \$4.218,35 | |
| Operador Caldera | 9 | B | \$675,00 | \$405,00 | \$1.080,00 | \$118,80 | \$32,40 | \$10,80 | \$32,40 | \$32,40 | \$1.306,80 | \$15.681,60 | \$5.410,15 | \$21.091,75 | \$4.218,35 | |
| Operador de electrolizador | 6 | B | \$675,00 | \$405,00 | \$1.080,00 | \$118,80 | \$32,40 | \$10,80 | \$32,40 | \$32,40 | \$1.306,80 | \$15.681,60 | \$5.410,15 | \$21.091,75 | \$4.218,35 | |
| Operador acondicionamiento de biomasa | 18 | B | \$675,00 | \$405,00 | \$1.080,00 | \$118,80 | \$32,40 | \$10,80 | \$32,40 | \$32,40 | \$1.306,80 | \$15.681,60 | \$5.410,15 | \$21.091,75 | \$4.218,35 | |
| Encargado Marketing | 1 | Fuera CCT | \$867,00 | \$520,20 | \$1.387,20 | \$152,59 | \$41,62 | \$13,87 | \$41,62 | \$41,62 | \$1.678,51 | \$20.142,14 | \$6.949,04 | \$27.091,18 | \$5.418,24 | |
| Encargado Ventas | 1 | Fuera CCT | \$867,00 | \$520,20 | \$1.387,20 | \$152,59 | \$41,62 | \$13,87 | \$41,62 | \$41,62 | \$1.678,51 | \$20.142,14 | \$6.949,04 | \$27.091,18 | \$5.418,24 | |
| Encargado de almacén | 6 | A | \$1.310,00 | \$786,00 | \$2.096,00 | \$230,56 | \$62,88 | \$20,96 | \$62,88 | \$62,88 | \$2.536,16 | \$30.433,92 | \$10.499,70 | \$40.933,62 | \$8.186,72 | |
| Asistente de almacén | 12 | B | \$614,00 | \$368,40 | \$982,40 | \$108,06 | \$29,47 | \$9,82 | \$29,47 | \$29,47 | \$1.188,70 | \$14.264,45 | \$4.921,23 | \$19.185,68 | \$3.837,14 | |
| | | | | | | | | | | | | | TOTAL | \$325.250,44 | \$65.050,09 | |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.5.3. Costos variables por servicios

En este caso se procede de igual forma que en el caso de los costos fijos en este tipo de conceptos, incluyendo aquellos cuyo consumo depende de la cantidad de producto que se genere.

Tabla 11.12. Costos variables por servicios.

| SERVICIOS Y OTROS COSTOS | | | |
|--------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|
| Item | Cantidad mensual | Precio unitario (U\$S) | Costo anual |
| Energía eléctrica (kWh) | 100000110 | \$0.09 | \$108,000,118.80 |
| Gas natural (m3) | 7000 | \$0.05 | \$4,200.00 |
| Agua (m3) | 1000 | \$0.26 | \$3,120.00 |
| TOTAL | - | - | \$108,007,438.80 |

Fuente: Elaboración propia.

11.3.5.4. Resumen de costos variables

Se analiza en este apartado los resultados obtenidos en los casos anteriores.

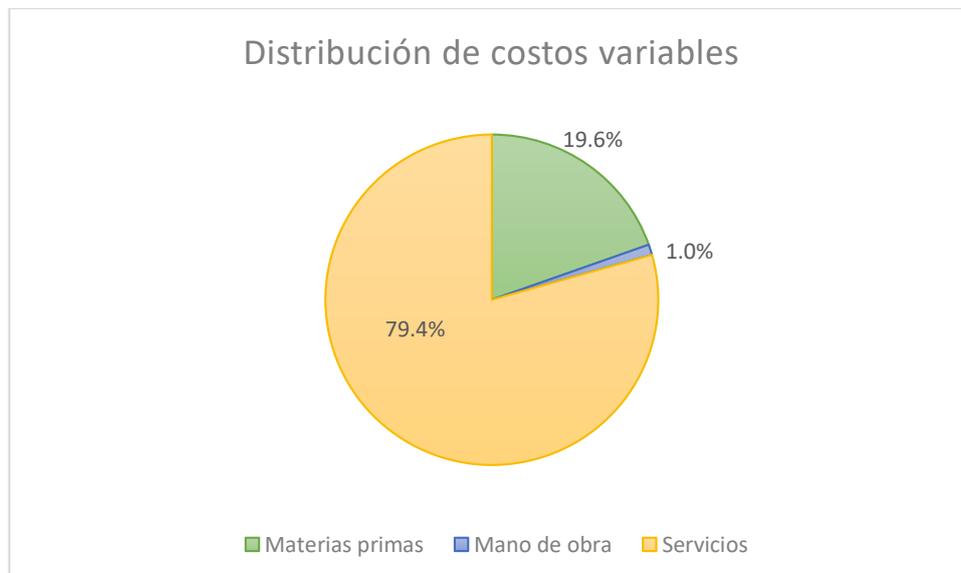


Figura 11.3. Distribución de costos variables del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.



En esta figura se observa claramente que el concepto que mayor influencia presenta sobre el costo variable del producto es el de servicios. Es por ello que deben concentrarse los mayores esfuerzos en reducir estos costos, a través de incorporación de nuevas tecnologías que consuman menos energía eléctrica, por ejemplo.

11.3.6. COSTOS TOTALES

El costo total de la empresa está dado por la suma de los costos variables y los costos fijos calculados.

El costo total para el plan de producción estudiado es de U\$S 150.286.040,09 por año.

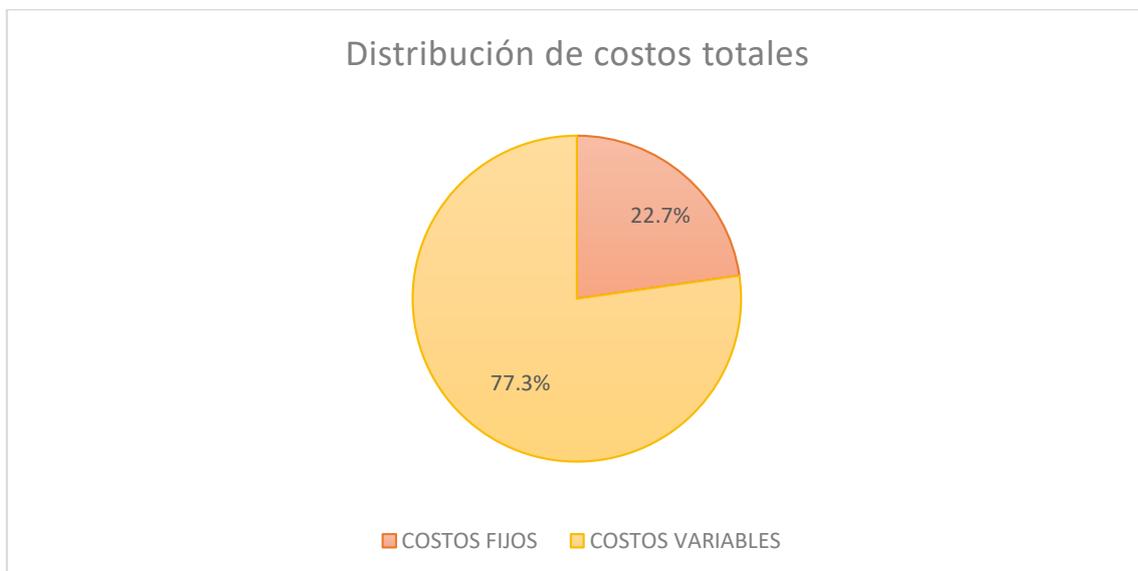


Figura 11.4. Distribución de costos totales del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 11.4 y 11.5 se observa una distribución con mayor influencia de los costos variables frente a los costos fijos, con distintas relaciones de influencia. Esta proporción es favorable debido a que los costos fijos pueden ser absorbidos por la producción, y una merma en la cantidad producción no afectaría considerablemente la estructura de costos.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”

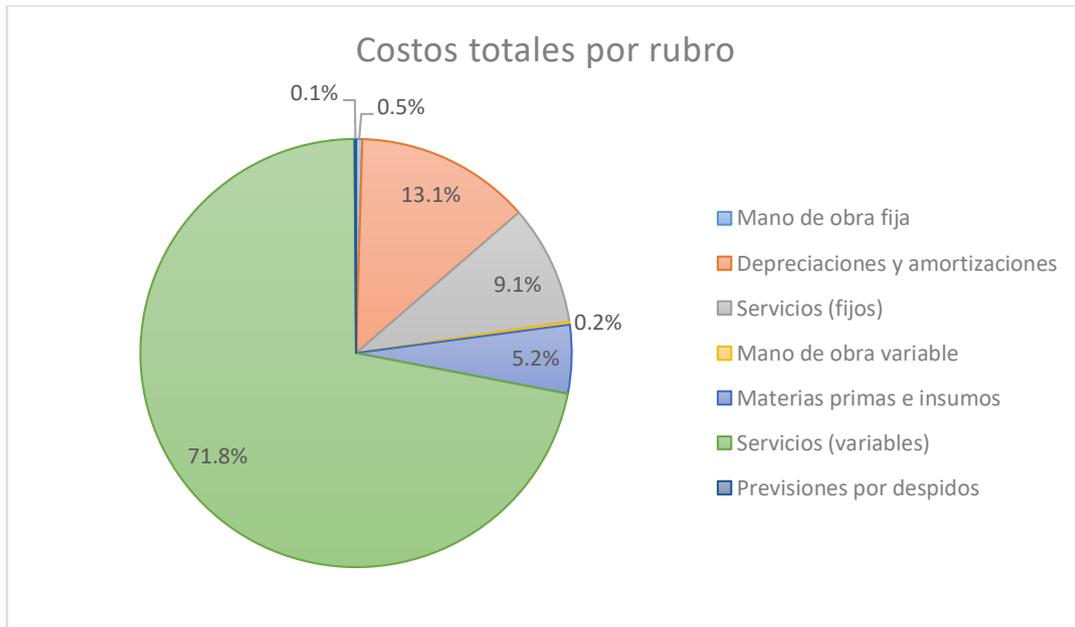


Figura 11.5. Distribución de costos totales por rubro.

Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico pueden obtenerse conclusiones similares a las que se han presentado anteriormente, lo que sirve para reforzar la idea de que la empresa debe enfocarse principalmente en disminuir los costos de producción y así aumentar los niveles de rentabilidad.

11.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

El hidrógeno como ya se ha dicho es un producto químico que se encuentra dentro de los conocidos como commodities. Este tipo de producto se caracteriza, entre otras cosas, por la masividad de su producción y porque su precio se encuentra fijado dentro de cierto rango por el mercado internacional.

El precio de venta de un producto va a estar determinado por la suma de los costos totales más el margen de utilidad de la organización.



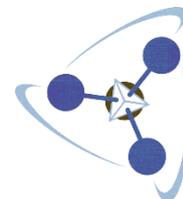


Figura 11.6. Composición del precio de venta de un producto.

Fuente: Elaboración propia.

Por esta situación la herramienta disponible por la empresa para lograr una mayor rentabilidad es lograr una disminución en los costos.

Cabe destacar que, tal como se mencionó en los capítulos anteriores, existen subproductos del proceso que son factibles de ser vendidos, como lo son el oxígeno gaseoso y el agua tratada en exceso. A partir de esto, los precios de venta de los productos son:

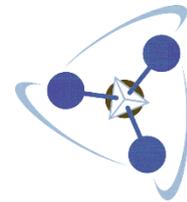
- Hidrógeno: U\$S 7500/tn.
- Oxígeno: U\$S 2500/tn.
- Agua tratada: U\$S 1000/m³.

11.4.1. INGRESOS TOTALES

Los ingresos totales anuales van a ser el resultado del producto entre la cantidad de hidrógeno vendida y su precio de venta. En este caso no entran en consideración los costos de producción.

Tabla 11.13. Ingresos por ventas de los distintos productos en el horizonte de evaluación.

| INGRESOS POR VENTAS DE HIDRÓGENO | | | |
|----------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Año | Producción (tn) | Precio (U\$S/tn) | Ingresos por ventas |
| 1 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 2 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 3 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 4 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 5 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 6 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 7 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 8 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 9 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| 10 | 5548.8 | \$7,500.00 | \$41,616,000.00 |
| INGRESOS POR VENTAS DE OXÍGENO | | | |
| Año | Producción (tn) | Precio (U\$S/tn) | Ingresos por ventas |
| 1 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 2 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 3 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 4 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 5 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 6 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 7 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| 8 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| 9 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| 10 | 44390.4 | \$2,500.00 | \$110,976,000.00 |
| INGRESOS POR VENTAS DE AGUA TRATADA | | | |
| Año | Producción (m3) | Precio (U\$S/m3) | Ingresos por ventas |
| 1 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 2 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 3 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 4 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 5 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 6 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 7 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 8 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 9 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |
| 10 | 12152 | \$1,000.00 | \$12,152,000.00 |

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la tabla anterior, se puede deducir que los ingresos anuales de la empresa debido a la venta de hidrógeno, oxígeno y agua tratada ascienden a U\$S 164.744.000.

11.4.2. UTILIDAD ANUAL

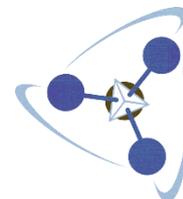
La utilidad anual de la empresa está dada por la diferencia entre los ingresos generados por la empresa y los costos totales anuales, dados por la suma de los costos fijos y variables totales.

No se puede hablar de ganancias porque en este caso aún no se ha deducido el porcentaje que debe emplearse para el pago de los correspondientes impuestos. Este análisis se hará posteriormente cuando se plantee el flujo de caja de la empresa.

$$Utilidades = Ingresos - CFT - CVT$$

Tabla 11.14. Utilidades del proyecto antes de impuestos.

UTILIDAD ANUAL



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

| Año | CFT | CVT | Ingresos | Utilidad antes de impuestos |
|-----|-----------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| 1 | \$34,177,350.85 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$14,457,959.91 |
| 2 | \$34,177,350.85 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$14,457,959.91 |
| 3 | \$31,466,882.16 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,168,428.60 |
| 4 | \$31,464,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,171,042.75 |
| 5 | \$31,464,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,171,042.75 |
| 6 | \$31,456,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,179,042.75 |
| 7 | \$31,456,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,179,042.75 |
| 8 | \$31,456,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,179,042.75 |
| 9 | \$31,456,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,179,042.75 |
| 10 | \$31,456,268.01 | \$116,108,689.24 | \$164,744,000.00 | \$17,179,042.75 |

Fuente: Elaboración propia.

11.5. FLUJO DE CAJA

El flujo de caja o flujo de efectivo, es la diferencia entre ingresos y egresos de una empresa o persona que vuelve a ser utilizado en su operación o proceso productivo; esto representa la disponibilidad neta de dinero en efectivo para cubrir los costos y gastos en que incurre la empresa o persona, lo que le permite obtener un margen de seguridad para operar durante el horizonte del proyecto, siempre y cuando dicho flujo sea positivo.

En este caso se presenta el flujo de caja analizado para los 10 años que representan el horizonte de evaluación del proyecto.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 11.15. Flujo de caja del proyecto.

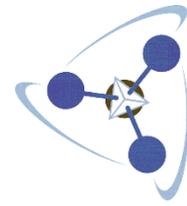
| FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| AÑO | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ingresos por ventas | | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 |
| IIBB (1.8%) | | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 |
| Ingresos netos | | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 |
| Costos Variables | | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 |
| Costos Fijos Erogables | | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 |
| Depreciaciones y amortizaciones | | -\$19.759.496,20 | -\$19.759.496,20 | -\$17.049.027,51 | -\$17.046.413,36 |
| Utilidades antes de impuestos | | \$11.595.729,22 | \$11.595.729,22 | \$14.306.197,91 | \$14.308.812,06 |
| Impuesto a las ganancias (35%) | | -\$4.058.505,23 | -\$4.058.505,23 | -\$5.007.169,27 | -\$5.008.084,22 |
| Utilidad neta | | \$7.537.223,99 | \$7.537.223,99 | \$9.299.028,64 | \$9.300.727,84 |
| Depreciaciones y amortizaciones | | \$19.759.496,20 | \$19.759.496,20 | \$17.049.027,51 | \$17.046.413,36 |
| Inversión inicial | -\$373.346.342,82 | | | | |
| Inversión en capital de trabajo | -\$19.890.799,42 | | | | |
| Valor residual | | | | | |
| FLUJO DE CAJA | -\$393.237.142,24 | \$27.296.720,19 | \$27.296.720,19 | \$26.348.056,15 | \$26.347.141,20 |

| FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| AÑO | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ingresos por ventas | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 | \$164.744.000 |
| IIBB (1.8%) | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 | \$2.965.392 |
| Ingresos netos | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 | \$161.778.608 |
| Costos Variables | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 | -\$116.108.689,24 |
| Costos Fijos Erogables | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 | -\$14.314.693,34 |
| Depreciaciones y amortizaciones | -\$17.046.413,36 | -\$17.038.413,36 | -\$17.038.413,36 | -\$17.038.413,36 | -\$17.038.413,36 | -\$17.038.413,36 |
| Utilidades antes de impuestos | \$14.308.812,06 | \$14.316.812,06 | \$14.316.812,06 | \$14.316.812,06 | \$14.316.812,06 | \$14.316.812,06 |
| Impuesto a las ganancias (35%) | -\$5.008.084,22 | -\$5.010.884,22 | -\$5.010.884,22 | -\$5.010.884,22 | -\$5.010.884,22 | -\$5.010.884,22 |
| Utilidad neta | \$9.300.727,84 | \$9.305.927,84 | \$9.305.927,84 | \$9.305.927,84 | \$9.305.927,84 | \$9.305.927,84 |
| Depreciaciones y amortizaciones | \$17.046.413,36 | \$17.038.413,36 | \$17.038.413,36 | \$17.038.413,36 | \$17.038.413,36 | \$17.038.413,36 |
| Inversión inicial | | | | | | |
| Inversión en capital de trabajo | | | | | | |
| Valor residual | | | | | | \$9.521.930,40 |
| FLUJO DE CAJA | \$26.347.141,20 | \$26.344.341,20 | \$26.344.341,20 | \$26.344.341,20 | \$26.344.341,20 | \$35.866.271,60 |

Fuente: Elaboración propia.

11.5.1. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

En este proyecto, considerando una tasa de descuento de 22,7%, el VAN es de -U\$S 289.542.993,64, lo que indica que el proceso presentado no posee factibilidad económica.

11.5.2. TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

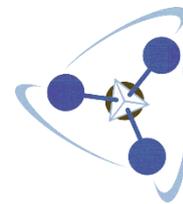
Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La TIR calculada en este caso es de -5,9%, inferior a la tasa de descuento del proyecto, lo que confirma la no factibilidad de la propuesta. El valor negativo de la TIR está directamente relacionado con el valor negativo del VAN.

11.6. CONCLUSIÓN

Luego de realizar la evaluación económica del proyecto propuesto se podría determinar que, acorde a la situación económica-financiera pronosticada de Argentina y el mundo, manteniéndose en el horizonte temporal estipulado, el proyecto no sería rentable. Esto se puede argumentar desde un punto de vista contable, ya que, en el escenario planteado, los datos arrojados por el proyecto son negativos. Debería analizarse la posibilidad de disminuir los costos de inversión inicial del proyecto, con el fin de poder alcanzar la rentabilidad económica del mismo.

En el período de evaluación de 10 años: el VAN es de -U\$S 289.542.993,64, y la TIR es de -5,9%. Cabe destacar que todo el escenario planteado puede tener variaciones no sólo en cuanto a resultados, sino a capacidad de ventas, abastecimiento, entre otros, por lo que se procede a estudiar las variables que más afectan a los resultados finales del proyecto para posteriormente realizarles un análisis integral de sensibilidad, viendo cómo afectan variaciones en el escenario al proyecto establecido.



12. ANÁLISIS DE RIESGO

12.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se buscará determinar y analizar los riesgos presentes en una planta de producción de hidrógeno. Se calificará la importancia relativa de cada uno de ellos, realizando luego la estimación de la probabilidad de ocurrencia, y de este modo, se obtendrá una idea de las distintas magnitudes de influencia de estos sobre el proyecto. Posterior al análisis, se propondrán medidas de mitigación, compensación y de contingencia.

Este análisis resulta ser una herramienta fundamental para la determinación de variables a sensibilizar en eventuales simulaciones del flujo de caja del proyecto y de la rentabilidad obtenida.

12.2. RIESGOS IDENTIFICADOS

Para poder enumerar todos los riesgos involucrados en este proyecto, se necesitaría un análisis muy exhaustivo que excede los límites de un estudio de prefactibilidad. Además, no resultaría de gran utilidad para el caso en estudio.

Es por ello que se buscarán y analizarán las principales variables que tengan influencia y significancia para este tipo de industrias.

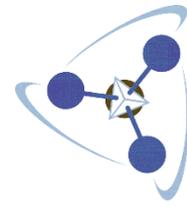
12.2.1. ASPECTOS TECNOLÓGICOS

12.2.1.1. Baja de productividad

El plan de producción de la planta fue definido teniendo en cuenta la capacidad actual de los electrolizadores y las proyecciones de incorporación de nuevos equipos. Sin embargo, pueden producirse variaciones en sus funcionalidades que afecten de manera directa la producción de esta planta.

Además, se sabe que es una materia prima que depende de los recursos naturales presentes en el país, los cuales abundan a lo largo y ancho del territorio argentino. En este sentido, debido al crecimiento en el consumo de este gas que se proyecta en Argentina, se generan buenas expectativas en cuanto a la disponibilidad de insumos para esta empresa.

Otro factor que podría afectar sería una baja en la cantidad demandada por el mercado, lo cual no se avizora como un escenario probable debido a la tendencia creciente en la demanda de hidrógeno verde en los últimos años y en el futuro.



Si se produjese cualquiera de las dos situaciones planteadas de forma inversa, la consecuencia sería una disminución en la cantidad de hidrógeno producida por la planta.

12.2.1.2. Falta de insumos y/o servicios

Para poder asegurar la calidad de producto deseada, es fundamental que se disponga de los insumos necesarios. En este proceso, los insumos indispensables son:

- Membrana de electrolizador y de sistema de ósmosis inversa
- Catalizador de electrolizador
- Biomasa para generación de energía

Los servicios fundamentales son la disponibilidad de gas, agua y energía eléctrica, los cuales se utilizan tanto para la producción como para la puesta en condiciones de la planta. Con respecto a este factor se posee la ventaja de estar instalados en un parque industrial lo que asegura estabilidad en la disponibilidad de estos servicios básicos.

Teniendo en cuenta estos riesgos, se establece un plan de contingencia compuesto por las siguientes medidas:

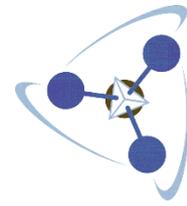
1. El stock de insumos se mantendría maximizado, teniendo en cuenta posibilidades de almacenamiento y el nivel de stock que sea económicamente viable.
2. En los contratos realizados con los proveedores de insumos se establecerían cláusulas que aseguren disponibilidad.
3. Se evaluarían proveedores alternativos en caso de faltante de alguno de los insumos necesarios.
4. Se dispondría de alternativas para la obtención de servicios. Por ejemplo, la utilización de generadores de energía eléctrica.

12.2.1.3. Falla de maquinaria

Para ser eficaces y eficientes, garantizando una alta calidad del producto es de vital importancia que todos los equipos involucrados en el proceso productivo funcionen a la perfección. Para este proyecto si bien los equipos tecnológicos involucrados son muchos y todos de gran importancia, podrían establecerse como factor crítico los electrolizadores, debido a que son los que mayor probabilidad de fallas presentan.

En este caso en el plan de contingencia se establecen las siguientes medidas:

- Brindar capacitaciones al personal para que realice un mantenimiento correctivo eficiente, que reduciría el tiempo muerto o improductivo.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

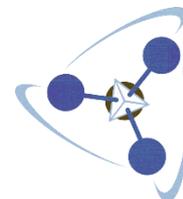
- Fijar Programas de Mantenimiento Predictivo y Preventivo, a fin de evitar roturas o fallas en equipos, que podrían derivar en una detención de la producción por un tiempo considerable, no respetando de este modo los estándares de calidad propuesto, ni los tiempos preestablecidos.

La siguiente tabla indica las necesidades de mantenimiento para los distintos elementos que componen cada electrolizador.

Tabla 12.1. Necesidad de mantenimiento para algunos elementos de un electrolizador.

| UNIDAD | ELEMENTO | ACTIVIDAD | FRECUENCIA EN HORAS | | | | |
|--|--------------------------|---|---------------------|------------------|-----|------|------|
| | | | 24 | 160 | 600 | 2500 | 4000 |
| SISTEMA MOTRIZ | Motores | Revisión del amperaje | X | | | | |
| | | Revisión de la temperatura exterior | X | | | | |
| | | Revisión interna y limpieza | | | X | | |
| | | Escuchar ruidos y vibraciones anormales | X | | | | |
| | Conectores y cables | Revisión | X | | | | |
| | | Desarmar y revisar retenes | | | | | X |
| | Cajas reductoras | Cambio de rodamientos | | | | | X |
| | | Escuchar ruidos y vibraciones anormales | X | | | | |
| | | Nivel y fugas de lubricante | X | | | | |
| | | Reapretar los tornillos | | | | X | |
| | | Cambio de lubricante y limpieza interna | | | | X | |
| | | Temperatura de trabajo | X | | | | |
| | | Alineación | | | | X | |
| | | SISTEMA ELÉCTRICO | Panel de control | Limpieza externa | X | | |
| Limpieza interna | | | | X | | | |
| Revisión interna: cables, contactores y pirómetros | | | | X | | | |
| Resistencias | Revisar su estado | | X | | | | |
| | Limpieza | | | X | | | |
| Cables | Revisar todo el cableado | | | | X | | |
| Termocuplas | Revisar su estado | X | | | | | |
| BOMBAS | Motor | Cambio de aceite | | X | | | |

Fuente: Elaboración propia.



12.2.2. ASPECTOS ECONÓMICOS

12.2.2.1. Aumento del precio de las materias primas

La incidencia de los costos de las materias primas en los costos de producción, de acuerdo a un aumento significativo o no, podrían provocar una modificación en la estructura de los costos, la que influiría negativamente en el flujo de caja del proyecto.

Se fija un plan de contingencias que incluye las siguientes medidas:

- Buscar y contactar a varios proveedores de materias primas.
- Fijar acuerdos comerciales a largo plazo con los mejores proveedores de materias primas.

12.2.2.2. Baja en el precio del producto

Como se ha aclarado en reiteradas ocasiones a lo largo del desarrollo de este proyecto, el hidrógeno es un commodity, por lo tanto, el precio de venta no lo fija la empresa, sino que se toma en base a lo que marca el mercado internacional.

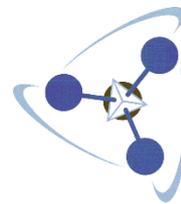
Una disminución en el precio de venta disminuye aún más la factibilidad económica del proyecto, por lo cual es un factor fundamental a tener en cuenta.

Teniendo en cuenta la tendencia producida en los últimos años, el precio de venta que se estableció en el Capítulo 11 “Evaluación Económica del Proyecto”, fue conservador teniendo en cuenta proyecciones realizadas por otras empresas. De esta manera, se disminuyen las probabilidades de que el precio baje por debajo del umbral planteado para la empresa.

Otro aspecto que aminora las posibilidades de un descenso del precio está relacionado con la demanda de este tipo de gas, que está sufriendo un crecimiento importante, y la instalación de nuevas plantas de producción o la expansión de las existentes, son decisiones que llevan mucho tiempo de ejecución. Es por esto que siempre hay un sector de demanda insatisfecha, tanto a nivel nacional como internacional, lo que mantiene el precio en alza.

En caso de que se produjera una baja en el precio de venta se establece una serie de medidas que componen el plan de contingencia que son las siguientes:

- Revisar los costos de materias primas.
- Reestructurar el precio de venta.
- Determinar el punto mínimo en el que el proyecto sigue siendo rentable.



12.2.3. SINIESTROS E IMPREVISTOS

12.2.3.1. Incendios y explosiones

En esta planta, el principal riesgo de incendios y/o explosiones se encuentra en la zona de almacenamiento de producto terminado, es decir, donde se almacenan el hidrógeno y oxígeno que se encuentran listos para la venta. Es por ello que el almacenamiento de estos productos se realiza en zonas especiales y en tanques con todas las medidas de seguridad para prevención de este tipo de siniestros.

Considerando esto, se puede concluir que el riesgo de que se produzca algún tipo de incendio es bajo. Sin embargo, si se produce un accidente de este tipo, el efecto que puede producir en la planta es altamente negativo, generando daños en la planta, en el personal, entre otros.

- Realizar continuas capacitaciones del personal para que, en caso de un siniestro, sepan cómo actuar.
- Disponer de buenas y correctas instalaciones de almacenes o depósitos de inflamables.
- Realizar mantenimiento de las condiciones del sistema de alarmas y lucha contra incendios.
- Disponer de zonas debidamente indicadas en la planta para la evacuación del personal en caso de un accidente.
- Capacitar en conductas operativas acordes a los lineamientos de las normas de seguridad e higiene.
- Colocar toda la cartelería correspondiente en las zonas de peligro para evitar confusiones y medidas de negligencia por parte del personal.

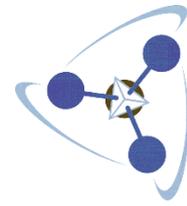
12.2.3.2. Accidentes de trabajo

Se deberá tener especial precaución y tomar todos los recaudos necesarios para evitar cualquier tipo de accidente laboral. Esto permitiría disminuir los riesgos existentes, teniendo en cuenta los diversos aspectos constructivos, realizando una correcta elección de la tecnología, entre otros.

Considerando estas medidas, las posibilidades de que se presente algún tipo de accidente laboral, sin embargo, es de un impacto importante debido a que afecta al personal de la planta que es fundamental para el correcto funcionamiento del proceso.

El plan de contingencias diagramado propone las siguientes medidas:

- Adoptar todas las normas de higiene y seguridad adaptables a este tipo de industrias.
- Capacitar periódicamente acerca de estas normas.



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

- Contar con los seguros pertinentes que contemplen la cobertura de los accidentes laborales.
- Prever elementos de seguridad personal y promover su uso, señalizando las áreas donde se requiera.

12.2.4. RESUMEN

A modo de resumen, se presenta un cuadro donde se detalla la importancia, probabilidad de ocurrencia y magnitud de cada uno de los riesgos que se han analizado en este capítulo.

Tabla 12.2. Resumen del análisis de riesgos del proyecto.

| Aspectos | Riesgo | Importancia | Probabilidad | Magnitud | Mitigación |
|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|----------|---|
| Tecnológicos | Falta de MP e insumos | Alta | Baja | Alta | Acuerdo con los proveedores - Aumento de stock |
| | Falla de maquinaria | Alta | Baja | Media | Plan de mantenimiento preventivo |
| | Falta de servicios | Alta | Baja | Alta | Fuentes alternativas |
| Económicos | Aumento de precios de MP | Media | Baja | Media | Acuerdos comerciales a largo plazo |
| | Baja de ventas | Alta | Baja | Alta | Modificación del precio de venta |
| | Disminución precio de venta | Alta | Baja | Media | Reestructuración de costos |
| Siniestros e imprevistos | Incendios y explosiones | Alta | Baja | Alta | Sistemas hidrantes y de extintores |
| | Accidentes de trabajo | Alta | Baja | Media | Capacitación - Elementos de protección personal |

Fuente: Elaboración propia.

12.3. CONCLUSIÓN

En este capítulo se analizaron cualitativamente los distintos riesgos que se pueden presentar en el funcionamiento de una planta de producción de hidrógeno. Para cada uno de estos riesgos observados se definió el plan de contingencias a ejecutar.



**“Producción de Hidrógeno Verde utilizando
Biomasa como fuente principal de energía”**

Los aspectos económicos son fundamentales en este caso, considerando que se está trazando un análisis de prefactibilidad. Y en algunos casos una variación en estos factores puede llevar a la viabilidad o no del proyecto. Es por esto que se analizará en mayor profundidad en el Capítulo 13 “Análisis de Sensibilidad”, se hará un análisis cuantitativo de algunos de estos factores.



13. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

13.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo que persigue este capítulo es analizar diferentes escenarios posibles y evaluar cómo responde el proyecto frente a éstos.

En el Capítulo 11 “Evaluación Económica del Proyecto”, se plantea una situación estática y estable. Al sensibilizar ciertas variables, se puede ver la respuesta del proyecto a las variaciones y verificar en qué condiciones el proyecto seguirá siendo rentable.

Para llevar a cabo el análisis se utiliza el modelo Unidimensional de la sensibilización del VAN, en el cual se modifica únicamente un parámetro por vez. El principio fundamental de este modelo define a cada elemento del flujo de caja como el de más probable ocurrencia. Luego la sensibilización de una variable siempre se hará sobre la evaluación preliminar.

En este caso, como se puede deducir, se plantea un cambio de escenario de carácter económico. Sin embargo, se pueden sensibilizar variables tales como localización, tamaño, etc. Este tipo de análisis no se lleva a cabo en este estudio de prefactibilidad por su dificultad de aplicación y porque los resultados que se podrían obtener exceden los objetivos de este proyecto.

13.2. PARÁMETROS A SENSIBILIZAR

La elección de los parámetros a sensibilizar resulta fundamental para el éxito de este análisis. Se buscan aquellos parámetros que tengan un significativo impacto en la viabilidad del proyecto, por sobre el rango esperado de variación.

Según lo analizado en la estructura de costos del proyecto, se observa que la variable crítica es el precio de venta de los productos (hidrógeno, oxígeno y agua tratada).

13.2.1. ***SENSIBILIZACIÓN FRENTE AL PRECIO DE VENTA DE LOS PRODUCTOS***

Respecto a la cuantificación de la sensibilidad del proyecto referido al precio de venta de los productos finales, se plantean distintos escenarios con precios superiores a los planteados en la evaluación económica, analizando cuánto deben aumentarse para obtener la rentabilidad.

“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

Tabla 13.1. Sensibilidad del proyecto frente a la variación del precio de venta de los productos.

| PRECIO DE VENTA | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-------------|---------------------|-------------------|--------|
| % Variación | Precio H2 | Precio O2 | Precio agua | Ingresos por ventas | VAN | TIR |
| 20% | \$9.000 | \$3.000 | \$1.200 | \$197.692.800 | -\$208.872.690,28 | 3,96% |
| 40% | \$10.500 | \$3.500 | \$1.400 | \$230.641.600 | -\$128.202.387 | 11,87% |
| 60% | \$12.000 | \$4.000 | \$1.600 | \$263.590.400 | -\$47.532.084 | 18,85% |
| 70% | \$12.750 | \$4.250 | \$1.700 | \$280.064.800 | -\$7.196.932 | 22,13% |
| 72% | \$12.900 | \$4.300 | \$1.720 | \$283.359.680 | \$870.098 | 22,77% |
| 80% | \$13.500 | \$4.500 | \$1.800 | \$296.539.200 | \$31.218.890 | 25% |

Fuente: Elaboración propia.

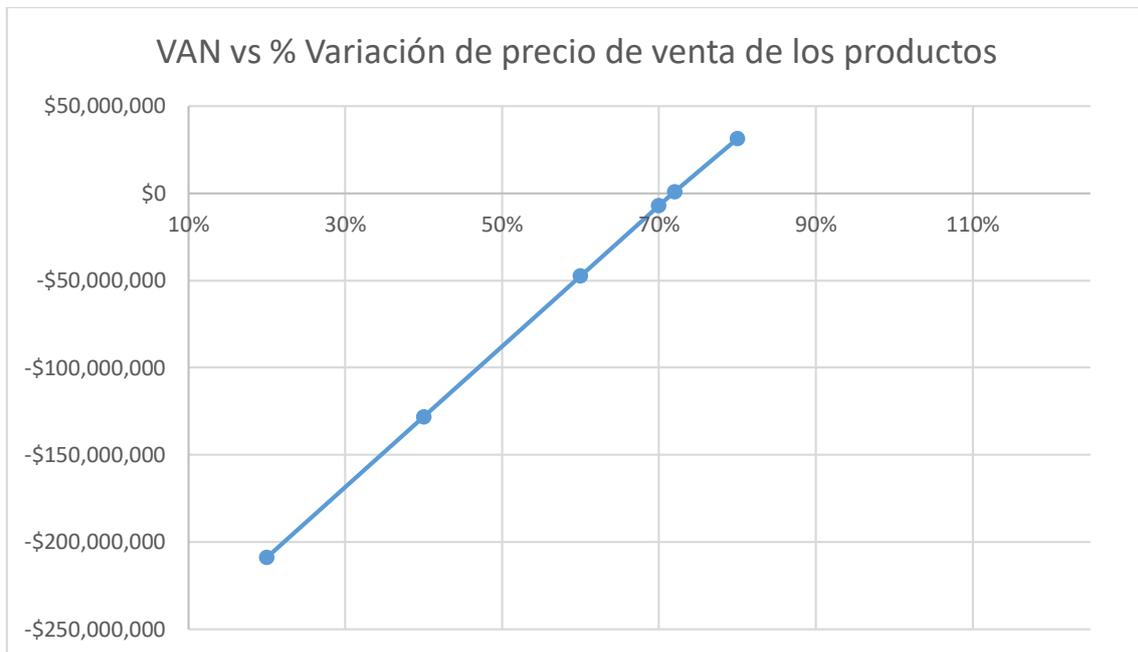


Figura 13.1. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta de los productos.

Fuente: Elaboración propia.

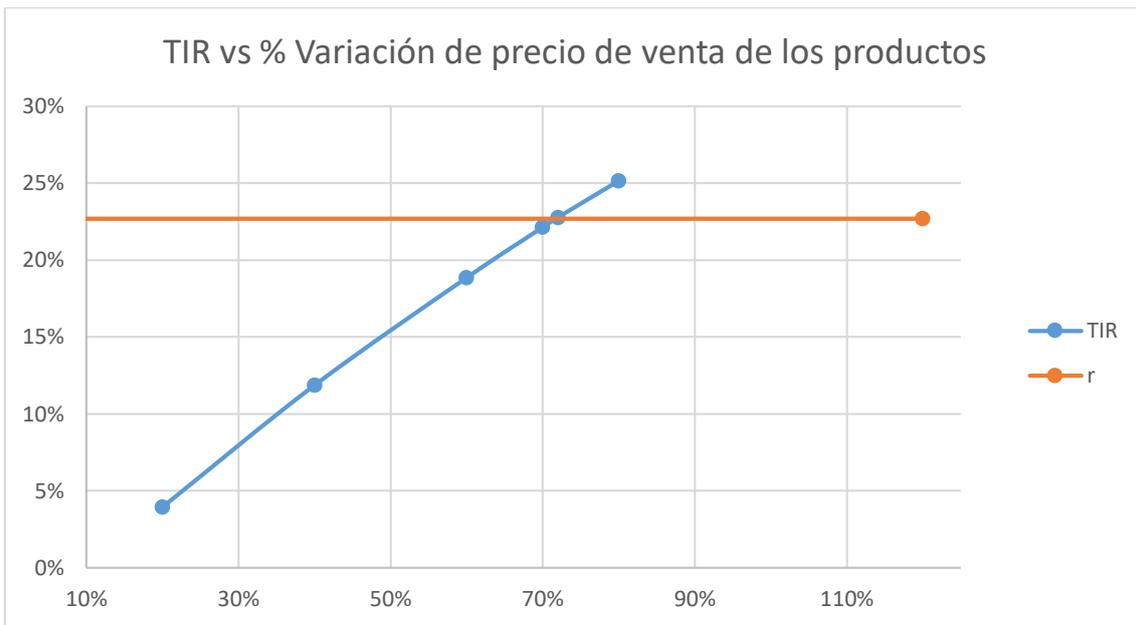


Figura 13.2. Variación de la TIR con respecto a la variación del precio de venta de los productos.

Fuente: Elaboración propia.

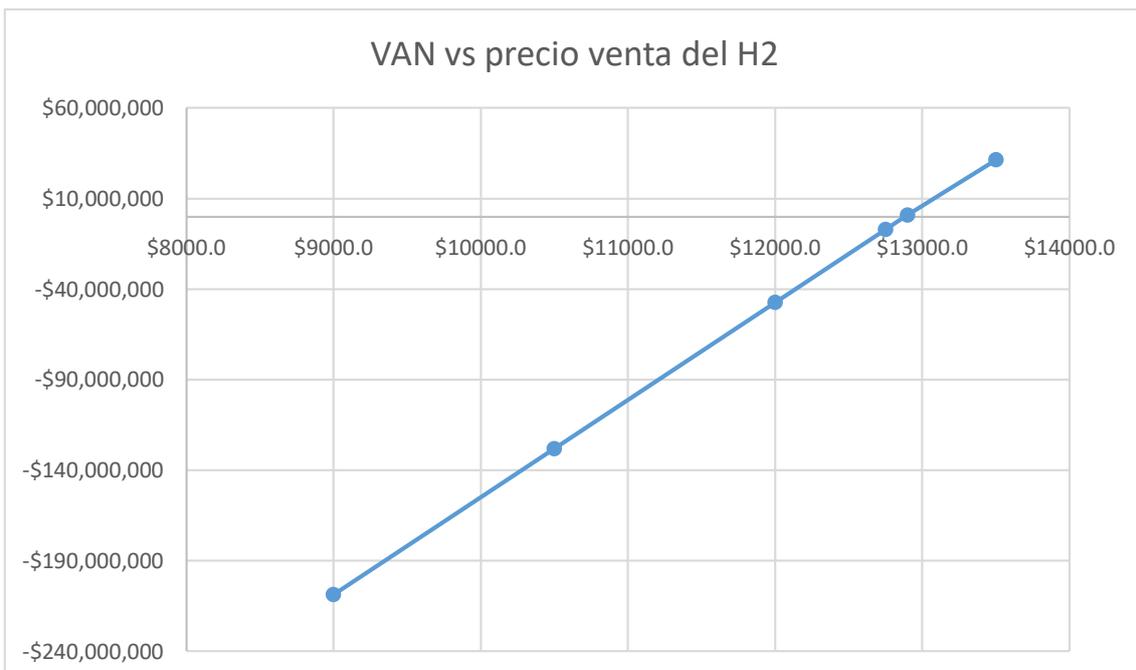


Figura 13.3. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta del hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

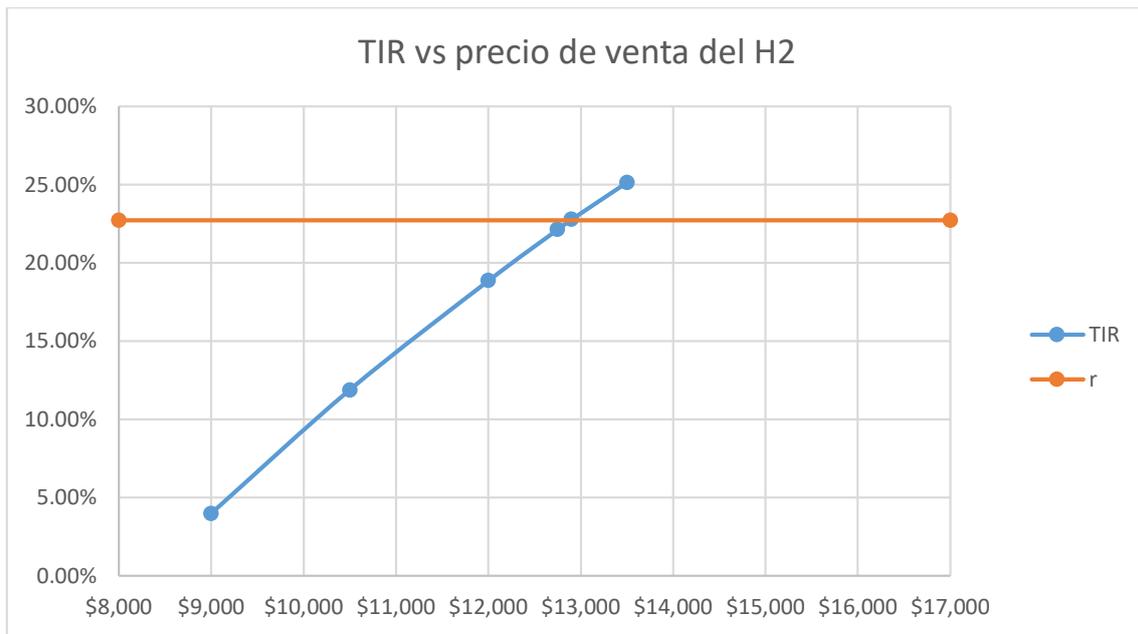
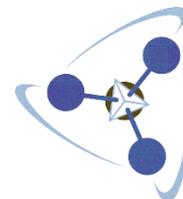


Figura 13.4. Variación del VAN con respecto a la variación del precio de venta del hidrógeno.

Fuente: Elaboración propia.

13.3. CONCLUSIÓN

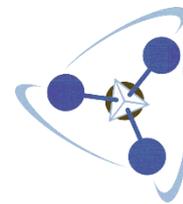
Analizando la tabla y los gráficos anteriores puede concluirse que el proyecto presenta una sensibilidad del 72%, lo cual representa el valor al que se debe aumentar el precio de los productos para comenzar a obtener utilidades. Esto puede analizarse dado que un aumento del precio de venta del hidrógeno por encima de 12.900 dólares por tonelada, genera un VAN mayor a cero y, en consecuencia, la TIR asciende por encima de la tasa de descuento del proyecto.



14. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y ARTÍCULOS

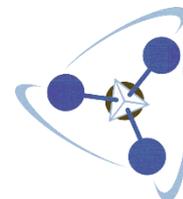
1. AH2vBioBio; Manual del Hidrógeno Verde – 2020
2. Atkins; Físico química – 2008
3. Austin; Shreve's Chemical process industries (McGraw-Hill International Editions Series) - 1984
4. Constitución Nacional Argentina
5. CYTED; Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – 2020
6. Daniel Harris; Quantitative chemical analysis 7ed. – 2006
7. Fundación Naturgy – Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada – 2020.
8. Henry - Heinke; Ingeniería ambiental – 1996
9. HYCHICO; Producción de Hidrógeno “Verde” en Patagonia – 2021
10. IEA – Hydrogen in Latin America.
11. International Energy Agency (IEA); Hidrogeno en América Latina – 2021
12. International Renewable Energy Agency (IRENA); Hidrogeno de energía renovable – 2018
13. IRENA; Hidrogeno verde – 2020
14. IRENA – Geopolitics Hydrogen – 2022.
15. IRENA – Global Hydrogen Trade – 2022.
16. IRENA – Hydrogen from renewable power – 2018.
17. ITBA; ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE HIDRÓGENO – 2020
18. Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL); Electrolizadores – 2019
19. Legislaciones Provinciales
20. LENNTECH; Sistema de osmosis inversa containerizados – 2015
21. Ley 19 857 decreto 351 (Ley de Higiene y Seguridad Laboral)
22. Ley 20 284 (Ley de Contaminación Atmosférica)
23. Ley 24 051/91 (Residuos Peligrosos)
24. Ley 25 612/02 (Gestión Integral de Residuos Industriales)
25. Ley 25 675/02 (Ley General de Ambiente)
26. Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina; Bioeconomía Argentina - 2019
27. MSc. Pedro Angeles Chero; Diseño de plantas industriales – 2011
28. Normas IRAM
29. Normas ISO 9001:2015
30. Perry; Manual del Ingeniero químico, 6 ed. - 1991
31. SIEMENS ENERGY; Silyzer 200 (PEM Electrolysis System) – 2015



32. Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA); Hydrogen Europe - 2020
33. UBA; Hidrogeno Verde en Argentina; 2021
34. UCA; Análisis de las principales barreras para la evolución de la Energía Sustentable en la Argentina y propuestas para el desarrollo – 2021
35. UDC; ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO VERDE PARA EXPORTACIÓN A PAÍSES INDUSTRIALIZADOS – 2022
36. UDLA; Análisis técnico económico de tecnología de electrolisis tipo PEM para producción de Hidrógeno – 2020
37. Ullmann; Enciclopedia of Industrial Chemistry - 2007
38. USC; PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO POR REFORMADO DE GAS NATURAL – 2016
39. Zamora; Diseño y dimensionamiento de una planta de obtención de hidrogeno – 2021

PÁGINAS WEB

1. [anuario estadistico senasa crpn 2020.pdf](#)
2. [BOMBAS DE AGUA: catálogo bombas de agua y accesorios | Aiguapres](#)
3. [COSTOS DEL TRANSPORTE DE LARGA DISTANCIA DICIEMBRE 2021 | CATAC](#)
4. [Descripción general de la familia PEM Silyzer - Amazon Web Services - \[Documento PDF\]](#)
5. [Descubre qué es el hidrógeno verde: solución y desafío](#)
6. [en.Wikipedia.org](#)
7. [Energía y biomasa - Fimaco](#)
8. [Evaluacion del potencial de hidrogeno a partir de biomasa residual](#)
9. [Hidrógeno – Análisis demanda - IEA](#)
10. [Hidrógeno | Enel Green Power](#)
11. [Hidrógeno a partir de cualquier biomasa — Cuaderno de Cultura Científica](#)
12. [Hidrógeno Verde a partir de agua y energías renovables | FCh](#)
13. [Hidrogeno Verde en Rio Negro](#)
14. [Hidrógeno verde: 6 países que lideran la producción de una de las "energías del futuro" \(y cuál es el único latinoamericano\) - BBC News Mundo](#)
15. [Hiperbaric 1KS 95 - Hiperbaric](#)
16. [La oportunidad de la economía del hidrógeno | Opinión | Cinco Días](#)
17. [LA PRODUCCION DE HIDROGENO A PARTIR DE BIOMASA](#)
18. [MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS](#)



“Producción de Hidrógeno Verde utilizando Biomasa como fuente principal de energía”

19. [Oil Free Oxygen Compressor Nitrogen Compressor Argon Compressor Helium Compressor \(Gow-10/2-150\) - China O2 Compressor and Oxygen Compressor](#)
20. [PARQUES INDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE RÍO NEGRO](#)
21. [plan_girsar_rio_negro_2021_vf.pdf](#)
22. [Principales Rutas en la Producción de Hidrógeno](#)
23. [Produccion de hidrogeno a partir de materias primas renovables derivadas de biomosas](#)
24. [Seguridad H2](#)
25. [servicios.infoleg.gob.ar](#) (Ley de Sociedades Comerciales)
26. [Sistema hibrido eolico-fotovoltaico-biomasa](#)
27. [Tanque De Almacenamiento De Agua De Acero Inoxidable Para Sistema De Tratamiento Contra Incendios,250m3 - Buy 250m3 Stainless Steel Water Storage Tank,Stainless Water Storage Tank,250m3 Water Storage Tank Product on Alibaba.com](#)
28. [Tanques de Almacenamiento de Agua Potable](#)
29. [Tecnologias del hidrogeno](#)
30. [www.alibaba.com](#)
31. [www.argentina.gob.ar/hacienda/politicaeconomica](#)
32. [www.catac.org.ar](#)
33. [www.ciqyp.org.ar](#)
34. [www.macrogalleria.com](#)
35. [www.mincyt.gob.ar](#)