

**Producción de Hidrógeno a partir  
de Energía Solar Fotovoltaica**

**Catedra Integración IV**

**Proyecto Final**



**Profesores:**

Director de la catedra: Oscar A. Polito

Docente Auxiliar: Carlos F. Fullone

**Integrantes:**

Guzmán Brenda

Spinsanti Celina

## **Indice**

<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>Alcance y logro del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>Introducción</b>	<b>7</b>
<b>Energías renovables</b>	<b>8</b>
Utilización de Energía renovable	9
Hidrógeno renovable	10
<b>Hidrógeno</b>	<b>11</b>
Las características esenciales	11
Energía de Hidrógeno	12
Generación del hidrógeno	14
Almacenamiento	16
Aplicaciones del hidrógeno	21
Aspectos de Seguridad	23
Energía Solar	26
<b>Estudio de Mercado</b>	<b>33</b>
<b>Reseña histórica</b>	<b>33</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>34</b>
Pico Truncado	34
Desarrollo de vehículos a hidrógeno	35
Estaciones de servicio y gasoductos	37
Antecedentes del proyecto en nuestro país, automotriz de mix de GNC + H2	38
<b>Balance de Masa</b>	<b>40</b>
<b>Balance de Energía</b>	<b>41</b>
<b>Economía de hidrógeno</b>	<b>42</b>
Producción	43

Demanda	45
<b>Matriz energética</b>	<b>47</b>
<b>Ventajas</b>	<b>48</b>
<b><i>Estudio Técnico</i></b>	<b>50</b>
<b>Determinación de la Localización Óptima de la Planta</b>	<b>50</b>
Macro localización	50
Factores relevantes	58
Método Cualitativo por Puntos	66
Conclusión sobre la localización óptima de la planta	67
Microlocalización	68
<b>Determinación del Tamaño Óptimo de la Planta</b>	<b>70</b>
<b><i>Ingeniería del Proyecto</i></b>	<b>73</b>
<b>Diagrama de bloque</b>	<b>73</b>
<b>Proceso de generación de Hidrógeno Solar</b>	<b>73</b>
<b>Producto</b>	<b>115</b>
<b>Subproducto</b>	<b>116</b>
<b><i>Sistema de Control</i></b>	<b>125</b>
<b>Variables medidas</b>	<b>127</b>
<b>Control del Proceso</b>	<b>128</b>
<b>Variables Controladas</b>	<b>130</b>
<b>Set Points</b>	<b>132</b>
<b>Lazo de control</b>	<b>132</b>
<b>Instrumentación</b>	<b>135</b>

<b>Estudio y Evaluación económica</b>	<b>151</b>
<b>Costo y precio</b>	<b>151</b>
<b>Estudio Económico</b>	<b>154</b>
<b>Punto de Equilibrio</b>	<b>165</b>
<b>Evaluación económica</b>	<b>169</b>
Valor actual neto (VAN)	173
Tasa interna de retorno (TIR)	175
Período de retorno:	176
<b>Conclusión</b>	<b>176</b>
<b>Evaluación de Impacto Ambiental</b>	<b>177</b>
<b>Objetivo</b>	<b>177</b>
<b>Caracterización según su nivel de complejidad ambiental</b>	<b>177</b>
<b>Evaluación Ambiental</b>	<b>185</b>
Medio ambiente Físico	185
Medio Ambiente Socio-Económico y de infraestructura	195
<b>Descripción del Proyecto</b>	<b>202</b>
Actividad a desarrollar	202
Transporte, manipuleo y almacenamiento de materias primas e insumos.	205
Condiciones y medio ambiente de trabajo. Riesgos internos específicos de la actividad	206
<b>Evaluación de Impactos Ambientales</b>	<b>207</b>
Metodología y cuantificación de los Impactos	207
Identificación	211
Impactos positivos	213
Medidas mitigadores de los impactos negativos	214
<b>Planes de emergencia interna</b>	<b>215</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>218</b>

Anexo I: Marco jurídico regulatorio

Anexo II: Hoja de especificación

Anexo III: Matriz impacto ambiental

Anexo IV: Diagrama de Flujo de procesos, P&I (diagrama de cañerías e instrumentos), plano isométrico, Plot Plan.

## **Resumen ejecutivo**

El objetivo principal del presente proyecto es la evaluación técnica y económica, entendiéndose por técnica como descripción de las instalaciones necesarias para la instalación de una planta de producción de Hidrogeno a partir de Energía Solar Fotovoltaica.

Después de sopesar distintas ubicaciones se decide asentar la empresa en el Parque Industrial de la ciudad de General Güemes, Provincia de Salta.

La capacidad de la planta se basa según lo producido en la planta de pico truncado, dicha capacidad es 7500 Ton de Hidrógeno al año.

La inversión de capital fijo ronda los U\$S 221.769.791,30 (dólares americanos), incluyendo costos directos, indirectos y honorarios del contratista.

El proyecto resulta rentable sin financiación, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de U\$S 6.696.390.67 (dólares americanos) o una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 11%, y si se financia el 50% del mismo, obteniéndose un Valor Actual Neto (VAN) de U\$S 14.455.414,49(dólares americanos) o una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 13%.

## **Objetivos del proyecto**

- El objetivo principal del presente proyecto es la obtención de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica.
- Contribuir a la conservación de los recursos energéticos y a la protección de su clima y medio ambiente.
- Asegurar una mayor autonomía del país en el campo de recursos energéticos del futuro.
- Promover estudios para la conformación o integración de cadenas energéticas “mixtas”, donde el hidrógeno tenga intervención.

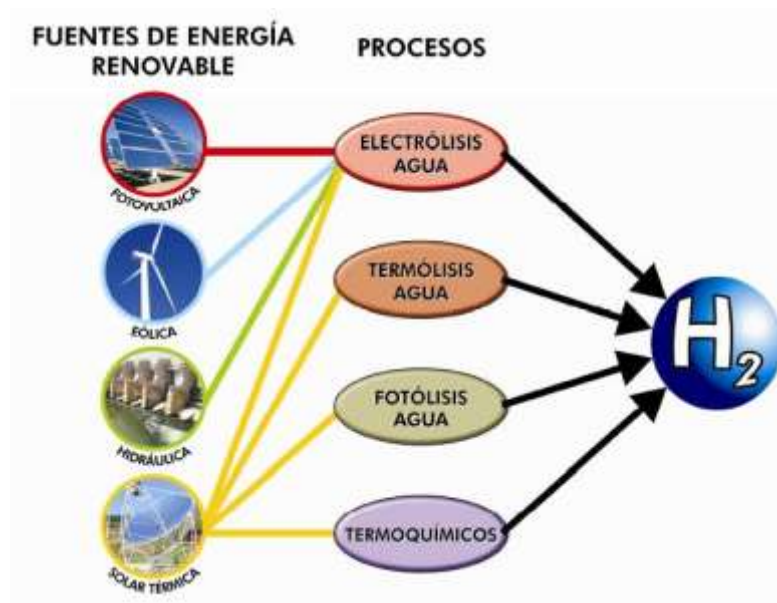
## **Alcance y logro del proyecto**

- Se puede obtener una gran cantidad de energía usando hidrógeno; el problema siempre ha sido obtener ese hidrógeno. Es abundante en la Tierra, por ejemplo como componente del agua, pero no resulta barato extraerlo de ella ni de otros compuestos mediante los métodos tradicionales.
- La forma más limpia de producir hidrógeno es mediante la electrólisis del agua, es decir, descomponerla en hidrógeno y oxígeno mediante una corriente eléctrica.
- Una de las opciones más prometedoras para obtener hidrógeno desde una fuente de energía renovable es el acoplamiento de un electrolizador y un generador fotovoltaico (compuesto de paneles fotovoltaicos que generan una corriente eléctrica, en función de la radiación solar).

## Introducción

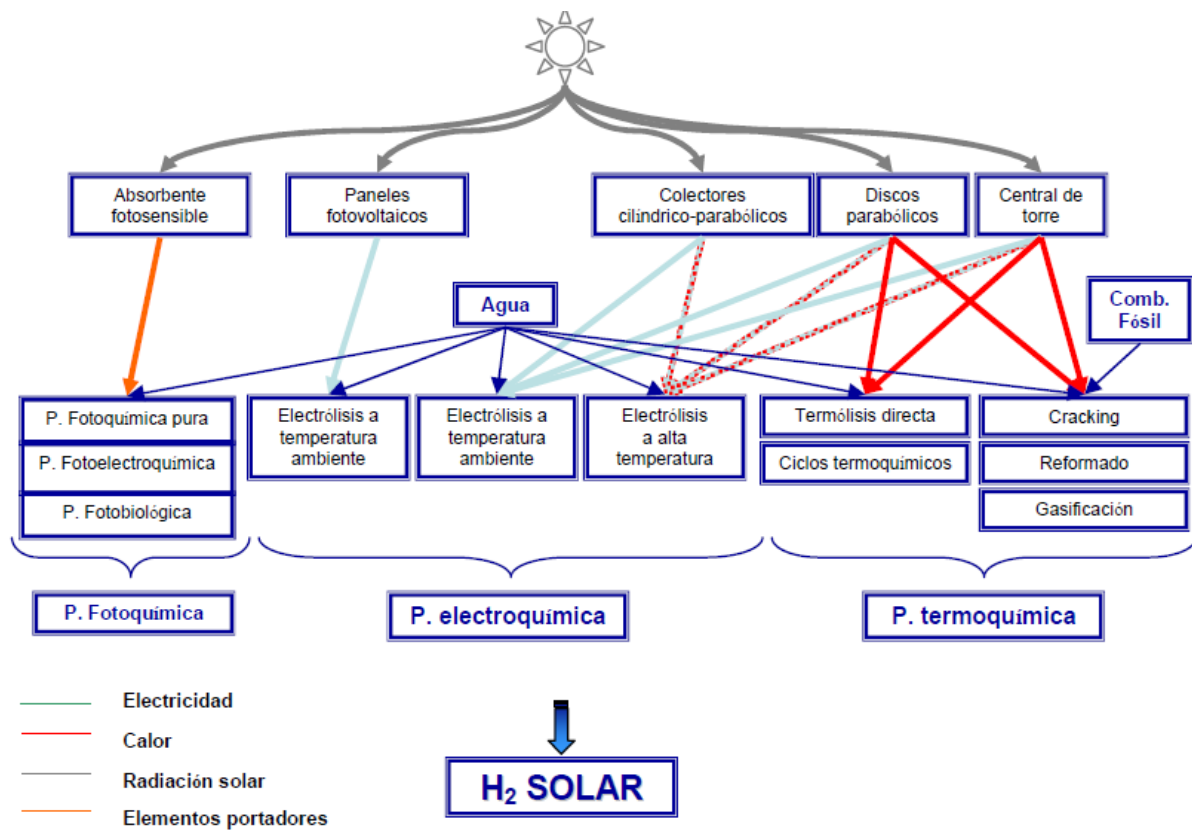
La tecnología del hidrógeno estudia el uso de este elemento químico como combustible limpio para generar energía eléctrica o térmica. Su gran ventaja medioambiental radica en la reducción de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno y azufre, no consume recursos naturales, es abundante en el universo

De cara a un futuro basado en un desarrollo sostenible, el vector energético hidrógeno, producido a partir de energías renovables, está adquiriendo cada vez más protagonismo. Y dentro de este campo, el hidrógeno producido con energía solar se presenta como una manera adecuada de almacenar, en forma de energía química, la energía procedente del sol.



Como se observa en la figura, los métodos para producir hidrógeno con energía solar se agrupan en tres grandes conjuntos: procesos fotoquímicos, electroquímicos y termoquímicos, aunque también existen combinaciones de los anteriores (fotoelectrólisis, electrólisis a alta temperatura del vapor, etc.).





Métodos de producción de hidrógeno solar

## Energías renovables

Se trata de las energías renovables o energías del futuro, y son aquellas que producen electricidad a partir del sol, el viento y el agua. Son fuentes inagotables pero que todavía presentan grandes dificultades de almacenamiento y son menos eficientes ya que las instalaciones tienen poca potencia y el coste de producción es elevado.

Actualmente, la producción de estas energías está aumentando, pero por debajo de las expectativas.

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Las Fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

Existen varias fuentes de energía renovables, como son:

- Energía mareomotriz (mareas)
- Energía hidráulica (embalses)
- Energía eólica (viento)
- Energía solar (Sol)
- Energía de la biomasa (vegetación)

### **Utilización de Energía renovable**

Una energía garantizada para los próximos 6000 millones de años es la energía solar.

El 80% de la energía demandada a nivel mundial proviene de combustibles fósiles, tales como el petróleo, gas natural, carbón..., siendo fuentes de disponibilidad limitada y altamente contaminantes en su mayoría

Por este motivo surgieron las energías renovables, fuentes de energía capaces de auto regenerarse y virtualmente inagotables, de entre las que cabe destacar la biomasa, solar, eólica, hidráulica, mareomotriz y geotérmica.

Energía solar fotovoltaica dentro del marco actual de las renovables: La producción de energía eléctrica aplicando técnicas fotovoltaicas presenta grandes

ventajas energéticas, medioambientales, industriales, sin embargo, en España ese sistema de generación de energía se ha producido de manera lenta, fundamentalmente por barreras de carácter económico. Pese a todo, existen numerosos factores que hacen de esta tecnología un sistema de producción de energía muy atractivo para nuestro país: existencia de recursos solares abundantes, tecnología y capacidad de fabricación punteras a nivel internacional, perspectivas favorables de evolución a nivel tecnológico y económico, y un marco regulatorio establecido.

### **Hidrógeno renovable**

Actualmente hay varias formas prácticas de producción de hidrógeno en un proceso industrial renovable. Una de ellas es utilizar el biogás para producir hidrógeno en un reformador de vapor, y la otra es utilizar la energía renovable para producir hidrógeno a partir de la electrólisis. El combustible de hidrógeno, cuando se produce por fuentes de energía renovables como la energía eólica o solar, es un combustible renovable.

La aleatoriedad y disponibilidad de las energías renovables hace que sea necesario una mayor potencia de almacenamiento para optimizar la producción de la energía eléctrica y en estos casos el hidrógeno podría usarse como "vector energético".

El hidrógeno es el elemento más abundante del universo, aunque en la Tierra se halla sobre todo en forma de compuestos como los hidrocarburos o el agua y debemos producirlo por reacción de hidrocarburos con vapor o por hidrólisis del agua, con la ventaja en este caso de que si la electricidad proviene de fuentes renovables, constituye un portador energético sin apenas emisiones.

## **Hidrógeno**

### **Las características esenciales**

1. Es el elemento más abundante en la naturaleza (no sólo en la Tierra, ya que el Sol está formado de Hidrógeno).
2. Es el elemento más liviano en estado gaseoso.
3. No está libremente disponible en la naturaleza y por eso necesita ser extraído u obtenido. Los procesos son costosos.
4. Posee una bajísima energía de ignición en el aire = 0,017 mJ (milijoules), y un coeficiente o factor de difusión en el aire altísimo = 0,61 cm<sup>2</sup>/seg (fluye con notable rapidez), lo que lo hace especialmente indicado para combinarlo con otros combustibles y mejorar sensiblemente su eficiencia de combustión o quemado, ya que logra completar la combustión de los mismos. Por ejemplo mezclándolo con GNC (87% Metano = CH<sub>4</sub>) en distintas proporciones (hasta el 40% de H<sub>2</sub>) permite que se queme el metano en forma completa, mejorando notablemente la eficiencia de combustión y evitando que fluya por el escape del auto metano sin quemar (en un vehículo a GNC se pierde por el escape un 20 a 30% del metano sin quemar), que es 21 veces más contaminante como GEI que el CO<sub>2</sub>. De esa forma se arranca directamente con la mezcla (GNC +H<sub>2</sub>) y no se necesita nafta para arrancar en frío, problema típico de los motores a GNC. En la India y en Argentina (Planta Experimental de Hidrógeno de Pico Truncado - Santa Cruz) se experimentan y usan vehículos con mezclas de GNC + H<sub>2</sub>.
5. Posee una muy baja densidad energética, lo que obliga a comprimirlo a altas presiones (200 bar a 700 bar) y para confinarlo y almacenarlo se necesitan envases o cilindros de acero especiales y muy resistentes o cilindros de liner de aluminio y bobinados con hilos de carbono (Tipo 4), que admiten presiones muy elevadas (70 hPa).

6. El Hidrógeno fragiliza los aceros (embrittlement) por eso se necesitan aceros austenísticos, al Cr Mo, o inoxidable (con níquel) con rigurosas pruebas de calidad según normas. En nuestro país se fabrican cilindros de esa exigencias, bajo normas ISO 9809-1 y 2 y bajo normas ISO /CD 15399 (en preparación) "Gaseous Hydrogen - Cylinders and tubes for stationary storage" y ISO 11.114 - 4 "Métodos para seleccionar materiales metálicos resistentes a la fragilización por Hidrógeno"
7. No afecta la salud humana ni animal.

### **Energía de Hidrógeno**

El hidrógeno no es fuente primaria de energía, no es un combustible que podamos extraer directamente de la tierra como el gas natural.

La fuente más común de hidrógeno es el agua. Se obtiene por la descomposición química del agua en oxígeno e hidrógeno partir de la acción de una corriente eléctrica (electrólisis) generada por fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica, eólica, etc.). Este proceso divide el agua, produciendo oxígeno puro e hidrógeno.

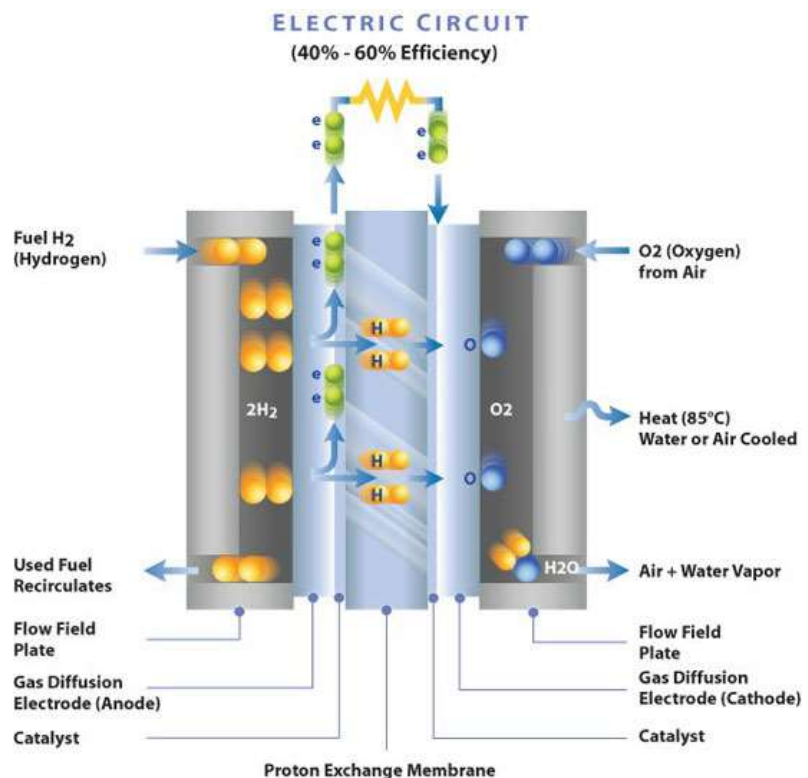
El hidrógeno obtenido puede ser comprimido y almacenado en tanques por varios meses hasta que se lo necesite. El hidrógeno representa energía almacenada, se puede quemar como cualquier combustible para producir calor, impulsar un motor, o producir electricidad en una turbina.

Lo novedoso de esta tecnología es que la producción de hidrógeno es realizada a partir de fuentes de energías renovables.

La celda de combustible utiliza de una manera más limpia y más eficiente el hidrógeno, recombina el hidrógeno y el oxígeno para producir energía eléctrica, obteniendo como único subproducto agua pura. Actúa como un electrolizador funcionando al revés.

Las celdas de combustible en el momento son mucho más caras que los motores de combustión, pero se espera que se hagan más baratas a medida que se desarrollen nuevas tecnologías. Los sistemas de celda de combustible tienen un costo aproximado de U\$S 5000/kilovatio. El costo tendrá que rebajarse hasta U\$S 1.500 o menos para competir con las otras tecnologías para la generación de energía eléctrica (Hidrógeno y celdas combustibles - Por Richard Engel, Centro de Investigación de Energía Schatz, Arcata, California, EUA y Alejandra Basualto, Universidad de Chile). Son más eficientes que los motores de combustión interna (las celdas de combustible pueden llegar a una eficiencia de 50% para aplicaciones móviles, mientras que los motores diesel a 35% y los bencineros a 25%) y no generan emisiones tóxicas.

Las celdas de combustible de mayor tamaño existentes en el mercado generan cerca de 2 MW de potencia.



La agrupación de la celda de combustible, el electrolizador, el almacenaje de hidrógeno y la fuente de energía renovable constituyen el "ciclo de hidrógeno renovable".



### **Generación del hidrógeno**

Como el hidrógeno es un medio de almacenaje y transporte de energía y no una fuente de ésta, se requiere de otras fuentes de energía para producirlo. Cada fuente tiene su propia eficiencia de conversión de energía al generar hidrógeno.

El hidrógeno molecular no está presente en reservas naturales convenientes, aunque está en la atmósfera en forma muy poco concentrada. Además es producido por algunos microbios en un ciclo biológico. La mayoría del hidrógeno en la tierra está en la molécula de agua (H<sub>2</sub>O). También está presente en los combustibles fósiles. Éste puede ser producido usando combustibles fósiles a través de reformación de gas natural o de gasificación de carbón. También puede ser producido mediante electrólisis usando electricidad y agua, consumiendo aproximadamente 50 KW/h de electricidad para cada kilogramo de hidrógeno. La energía nuclear puede ser ocupada de varias formas para la producción del hidrógeno. Otra opción puede ser la energía solar.

El actual impacto ambiental que genera la producción de hidrógeno puede ser comparado con alternativas, tomando en cuenta no solamente la emisión y eficiencia de la producción de hidrógeno, sino también la de la generación de electricidad a través de las celdas de combustible.

Hay un hecho que tiene que ser tomado en cuenta sobre el proceso de consumo de energía en el proceso de manufacturación del hidrógeno. Éste requiere un portador de hidrógeno como el agua o combustibles fósiles. La producción a través de éstos últimos genera dióxido de carbono, mientras que la electrólisis requiere electricidad que en su mayoría es generada usando combustibles convencionales (combustibles fósiles o energía nuclear). Fuentes de energías alternativas o renovables como el viento, la energía solar o la biomasa pueden ser usadas, sin embargo son más caras que las convencionales.

A continuación se detallan las eficiencias de algunos de los procesos de generación de hidrógeno:

### **Electrólisis**

La electrólisis podría ser el casi único link práctico entre las energías renovables y el hidrógeno. Las energías solar, eólica, atómica e hidráulica pueden ser ocupadas para generar hidrógeno sin contaminar el medio ambiente. El proceso que se ocupa para esto es la electrólisis. La electrólisis genera hidrógeno a partir de agua y energía eléctrica.

### **Reformación de Gas Natural**

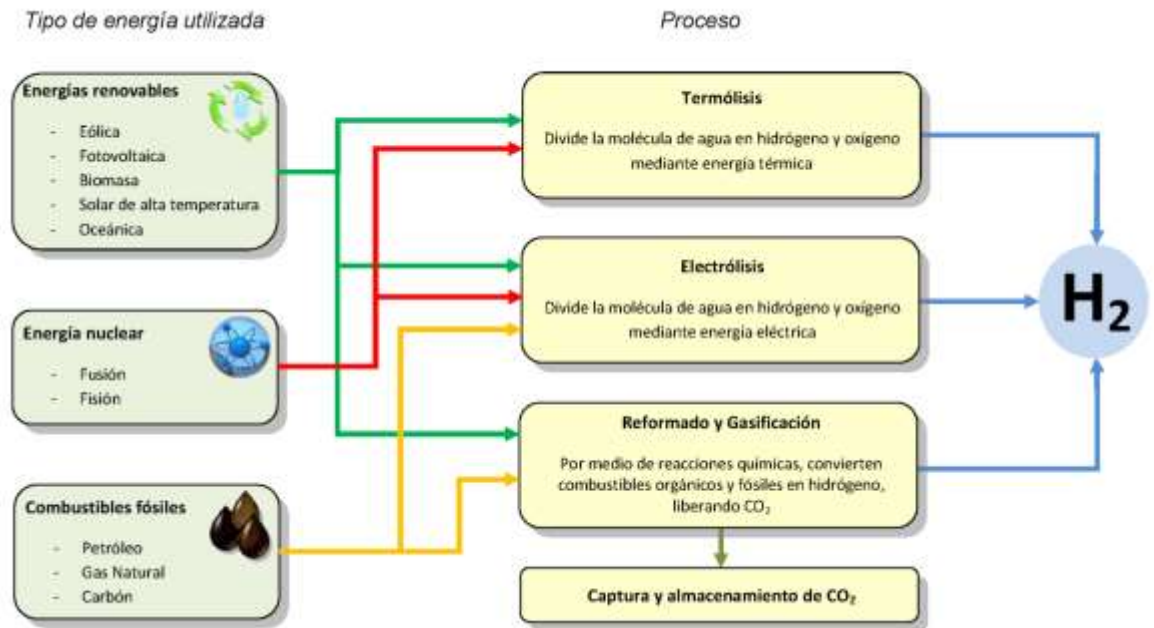
La reformación de gas natural es el método más eficiente para la generación del hidrógeno. En estos momentos es el más usado debido a esto y a su bajo costo en comparación con la electrólisis.

El método consiste en extraer el hidrógeno del gas natural a través de procesos químicos. El problema de este método es que se emiten gases contaminantes como el dióxido de carbono.



## Biomasa

La biomasa es una opción de generación relativamente eficiente. Mediante procesos parecidos a la reformación de gas natural se puede llegar a eficiencias bastante altas, cercanas al 80%, sin embargo al igual que en la generación a través de gas natural, no es evitable la emisión de CO<sub>2</sub>.



## Almacenamiento

Aunque el hidrógeno molecular tiene una excelente densidad de energía por unidad de masa, a condiciones ambientales tiene una pobre densidad de energía por volumen (esto, debido a que su densidad de masa es mínima, por lo tanto para obtener una masa considerable se necesita un gran volumen). Como resultado de esto, debe ser **presurizado** o licuado para dar una autonomía adecuada. Al incrementar la presión del gas, se mejora la densidad de energía por volumen, haciendo que el tanque de almacenamiento pueda ser más pequeño pero a la vez más pesado, ya que tiene que ser lo suficientemente resistente para soportar las altas presiones. Lograr altas presiones requiere un uso de grandes cantidades de energía en el proceso de compresión. Alternativamente, una densidad más alta de energía por volumen se puede lograr a través del hidrógeno líquido. Sin embargo el **hidrógeno**

**Líquido** es criogénico (técnica que se ocupa para el licuado) y bulle a los  $-252,882\text{ }^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica. El almacenamiento criogénico es más liviano pero requiere una gran cantidad de energía de licuado. El hidrógeno licuado tiene aproximadamente un cuarto de densidad de energía por volumen que la gasolina. Los tanques de almacenamiento tienen que ser muy bien aislados térmicamente para evitar que el hidrógeno bulla. El problema del hidrógeno licuado es la fuga de energía que se genera al permanecer almacenado.

El hidrógeno también puede ser almacenado como **hidruro (H-)** o como alguna otra molécula que contenga hidrógeno. La molécula de hidrógeno es hecha reaccionar con algún otro compuesto que es el que lo almacena y que puede ser transportado fácilmente. En el punto de uso, el compuesto puede ser descompuesto, liberando el gas de hidrógeno. Tal como la masa y el volumen son un problema para el almacenamiento de la molécula de hidrógeno, el problema para utilizar estos compuestos como medio para transportar el hidrógeno son las altas temperaturas y presión que son necesarios para la generación de éstos. Para muchos potenciales sistemas de generación de hidruro y su posterior regeneración en hidrógeno molecular la energía cinética y el aprovechamiento del calor son temas que tienen que ser superados.

El método de almacenamiento más ocupado en la actualidad por los autos prototipos es hidrógeno en forma de gas a presiones que rondan los 700 bar.

A continuación se detallan cada uno de los procesos de almacenaje:

### **Acumulación de Hidrógeno en estado gaseoso ( $\text{GH}_2$ ) a presión:**

Debe entenderse por acumulación de gas a presión cuando la misma sea superior a la atmosférica o normal. Los tanques para almacenamiento de gas a presión difieren en su construcción de acuerdo al tipo de aplicación en que sean utilizados, la cual determinará el nivel de presión requerido.

La mayor parte de los tanques de uso estacionario son de baja presión porque este tipo de acumuladores es más económico. Los requerimientos para aplicaciones

en móviles, por ejemplo en vehículos motorizados, son un poco diferentes a causa de la falta de disponibilidad de espacio para estos tanques. Para esos usos la presión de los tanques se incrementa hasta los 700 bar (ó más) con el fin de acumular tanto H como sea posible en un espacio muy confinado.

Los acumuladores de alta presión usados son fabricados en acero al carbono o inoxidables y por lo tanto resultan muy pesados.

Los tanques modernos son construidos en materiales compuestos (materiales de fibra y carbono), con un fino revestimiento interno de aluminio o “liner” y por lo tanto son más livianos, pero mucho más caros. En nuestro país los recipientes para GH son producidos en diferentes tipos de aceros, generalmente inoxidables. Argentina posee un mercado de gas natural comprimido (GNC) ampliamente desarrollado y los usuarios de móviles o motores estacionarios están familiarizados con el manejo seguro de gases inflamables a elevadas presiones, 200 bar para el caso de automóviles.

La industria nacional que produce tanques de GNC para esas presiones puede constituirse en un proveedor confiable de recipientes para GH en casi todas las gamas necesarias. Cuando sea necesario acumular grandes cantidades de H<sub>2</sub> en una futura economía del hidrógeno, entonces este elemento puede ser comprimido en cavernas o depósitos naturales subterráneos. De esta forma es posible almacenarlo bajo presiones de hasta 50 bar.

En Francia y en USA este método estaría en uso actualmente. En Alemania, el gas natural es almacenado en esas cavernas, que pueden en un futuro ser empleadas para almacenar H<sub>2</sub>.

El proceso de generar H<sub>2</sub> a partir de una fuente fósil en un proceso controlado y retener el CO<sub>2</sub> liberado del proceso de “reforming” para luego disponerlo en depósitos subterráneos, en lugar de liberarlo a la atmósfera, como sucede actualmente en la mayoría de los casos, se denomina “CO<sub>2</sub> sequestration”.

La forma más flexible de acumular H<sub>2</sub> es en conjuntos de baterías de cilindros, a las que pueden adicionarse o quitar elementos de acuerdo a la variación de las necesidades de distribución a los usuarios finales, ajustando el peso muerto a las estrictas necesidades. Por otra parte, los cilindros o botellones resultan de más fácil construcción y obtención en distintos mercados.

### Estaciones de servicio de Hidrógeno

Como las conocidas estaciones de GNC, las modernas estaciones de servicio de H<sub>2</sub> emplean distintas normas de seguridad, siguiendo procedimientos similares a los que se aplican en las estaciones de combustibles líquidos o GNC, como no fumar, no usar teléfonos celulares dentro de la estación y mantener alejada toda fuente de ignición.

El aprovisionamiento de GH sería similar al de GNC o de combustibles líquidos.

En las numerosas estaciones instaladas en el mundo actualmente el GH es acumulado a presiones de hasta 400 bar y en las de mañana quizá se pueda trabajar con el doble de presión.

Los tanques están diseñados para soportar presiones 2,75 veces mayores que las de trabajo y sometidos a prueba efectivas antes de su certificación.

### **Acumulación en estado líquido (LH<sub>2</sub>):**

El H<sub>2</sub> posee la más alta densidad de energía acumulada en relación al volumen cuando se licua antes de su almacenamiento. Las pérdidas resultantes del calentamiento gradual del hidrógeno líquido en el tanque (pérdidas por vapor disipado) pueden mantenerse en niveles muy bajos.

El almacenamiento de LH<sub>2</sub> es especialmente indicado para uso en vehículos a causa del poco espacio disponible para los tanques. Para la recarga de estos vehículos existen actualmente robots automatizados.

La acumulación de LH<sub>2</sub> en aplicaciones estacionarias sólo deberá emplearse cuando sea realmente necesario contar con LH<sub>2</sub> en esa forma, por ejemplo en estaciones de servicio.

Por el alto consumo de energía necesaria para la licuación del H<sub>2</sub>, debe ser evitada siempre que sea posible el uso en estado gaseoso.

### **Almacenamiento en hidruros metálicos – Absorción:**

Esta tecnología de acumulación usa ciertas aleaciones metálicas o metales (Fe/Ti, Mg, Pd, La) que acumulan H<sub>2</sub> tal como una esponja se satura de agua. El H<sub>2</sub> es absorbido por el metal produciendo un hidruro metálico. Si el hidruro metálico es “rellenado” con H<sub>2</sub> entonces emite calor. Inversamente, para recuperar H<sub>2</sub> es necesario aportar calor.

Respecto al volumen, la acumulación mediante hidruros metálicos posee una alta capacidad. Este tipo de acumuladores son muy pesados y por esa razón no se emplean en aplicaciones móviles livianas como automóviles o micrómnibus. Además de ello, son muy caros debido al alto costo de los materiales empleados.

Teniendo precaución en el manipuleo y seguridad es ventajoso el empleo de tanques de hidruros metálicos ya que casi todos ellos operan a presiones normales, no existen pérdidas y producen una purificación del H<sub>2</sub>.

El hidrógeno es extraído mediante el aporte de calor y en caso que el tanque o recipiente resulte dañado, el H<sub>2</sub> permanece incorporado al hidruro, lo que constituye una ventaja de seguridad para espacios cerrados. Esta técnica de almacenamiento ya tiene uso comercial. El rendimiento es bajo, del 2 al 6% del peso del hidruro.

### **Adsorción de Hidrógeno en nanotubos de carbono:**

Este material con base de carbono puede revolucionar algún día la tecnología de almacenamiento de H<sub>2</sub>. Hace algunos años se descubrió que se podían acumular grandes cantidades de H<sub>2</sub> en tubos formados microscópicamente por una pequeña estructura de grafito.

A bajas temperaturas (80 °K) y relativamente altas presiones, la adsorción es más eficiente, llegando al 8% en peso sobre el adsorbente, pero si consideramos que 1 gr. de nanotubos cuesta miles de dólares, se vislumbra que hace falta mucho desarrollo todavía para permitir su aplicación comercial.

Muchos grupos del mundo entero están efectuando investigación de tecnologías de almacenamiento en nanotubos, pero hasta ahora los informes de capacidad de almacenamiento difieren mucho entre ellos. Existen experimentos de laboratorio que alcanzan entre un 20% a un 25% de eficiencia en peso, pero los resultados a escala práctica aún son controversiales. Con independencia de uno u otro, varios grupos probaron que este método de almacenamiento en principio está funcionando y que tiene un alto potencial.

### **Aplicaciones del hidrógeno**

El H<sub>2</sub> posee numerosas aplicaciones:

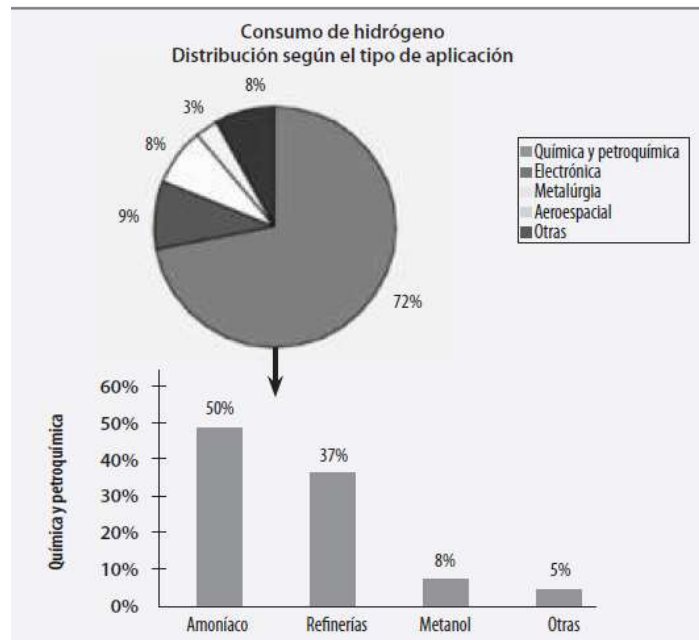
Cohetería en forma líquida combinado con Oxígeno Líquido, ya que posee la mayor energía específica por unidad de masa. Licuar el H<sub>2</sub> es muy caro ya que se necesita el 40% de su energía en volumen, pero se justifica su uso en cohetería espacial por la enorme ventaja de la mayor energía específica en estado líquido (LH<sub>2</sub>). Todos los países lo usan en cohetería espacial.

Se usa desde hace más de un siglo como reductor de metales (elimina el oxígeno indeseable de los aceros en la colada, al combinarse con el mismo y formar agua).

Industria del vidrio, alimenticia (margarinas, etc, ), como combustible en motores de combustión interna, FC o Celdas de Combustible, para cromatógrafos como elemento de contraste.

Ampliamente usado en la industria petroquímica en múltiples aplicaciones, como obtención de urea (fertilizante), hidrogenación de aceites y combustibles, materias grasas, etc.

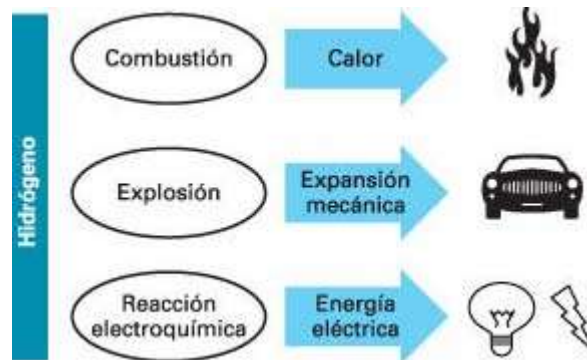
Una de las más interesantes aplicaciones que se le puede dar al H<sub>2</sub> como combustible limpio es su uso en motores de vehículos terrestres como automóviles, camiones, ómnibus, moto elevadores, locomotoras y en motores de aviones y buques.



Libro “El hidrógeno y la energía” de José Ignacio Linares Hurtado y Beatriz Yolanda Moratilla Soria

Otro empleo muy apropiado es en la generación eléctrica estacionaria en lugares aislados o en centros urbanos como generación propia o cogeneración, donde por distintos motivos se desee prescindir de la red eléctrica del lugar, sea por seguridad, por calidad del servicio o una combinación de ambos factores. En este caso los generadores más modernos son Celdas de Combustible o motores de combustión interna especialmente adaptados para H<sub>2</sub>.

Algunas importantes compañías de nivel mundial ya producen motores alternativos diseñados específicamente para  $H_2$ . También se plantea su utilización como almacenes de electricidad eólica o solar para utilizarla cuando le conviene a la red y no sólo cuando está disponible, como sucede en la actualidad.



### **Aspectos de Seguridad**

Los aspectos más destacados del  $H_2$  en lo que hace a la seguridad, siempre han sido su inflamabilidad. El  $H_2$  es altamente inflamable, lo que significa que reacciona fácilmente con el oxígeno y cuando quema produce agua.

Es precisamente esta característica lo que lo hace muy adecuado como combustible limpio.

El  $H_2$  no tiene mucha más peligrosidad que el petróleo, el gas natural o la nafta. Con la debida atención a sus propiedades físicas y químicas y a las reglas del manejo seguro, el  $H_2$  no es particularmente peligroso. En ambientes cerrados deben preverse buena ventilación y precauciones adicionales de seguridad. La industria química ha usado Hidrógeno durante cien años y las experiencias relativas a su seguridad son positivas.

El Hidrógeno:

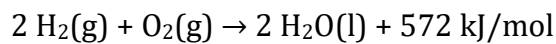
- No detona al aire libre.
- No se descompone.
- No entra en auto combustión o combustión espontánea.



- No oxida.
- No es tóxico, a menos que contenga impurezas (CO, As H<sub>3</sub> , etc.).
- No es corrosivo.
- No es radiactivo.
- No emana mal olor.
- No es contagioso, o no es vehículo de transmisión de enfermedades.
- No compromete o pone en peligro el agua.
- No causa perjuicio al feto (no es teratogénico).
- No produce cáncer (no es cancerígeno).

Esta forma de H<sub>2</sub>, es un gas incoloro y muy inflamable. Arde con solo el 4% de presencia en el aire. Sus llamas son casi invisibles. No necesita una chispa para comenzar su ignición en concentraciones mayores.

La reacción de combustión es la siguiente:



### **Diseño de sistemas de seguridad, entrenamiento de personal y medios de protección**

El record de seguridad de la industria del hidrógeno comercial es excelente debido, fundamentalmente, al diseño de los sistemas, el entrenamiento del personal técnico y los medios de protección empleados, algo que, por otra parte, también es común en las industrias del gas natural líquido o del gas propano líquido. Como en cualquier otra gran industria ha habido accidentes pero la gestión de la seguridad en la industria del hidrógeno puede calificarse de satisfactoria.

La excepcionales características físicas y químicas del hidrógeno le hacen muy valioso para muchas industrias y sus usos varían enormemente desde aplicaciones en la industria alimentaria hasta semiconductores, abriéndose cada día más el ya de por si amplio abanico de posibilidades existentes. La producción y uso del hidrógeno poseen un largo historial de seguridad y muchas de las directrices, modos de operación y reglamentación aplicada en la industria convencional pueden ser muy

útiles a la hora de valorar las nuevas situaciones que se presentan con los nuevos usos del hidrógeno. Estos nuevos usos como los vehículos propulsados por motores de combustión interna o pilas de combustible, o las pilas de combustible que generan electricidad y calefacción en sectores industriales, comerciales o residenciales repercuten positivamente sobre la visión que el público en general y la propia industria tienen sobre el hidrógeno. Además el producto de combustión del hidrógeno es agua que es la base de las ventajas medio ambientales del hidrógeno.

La seguridad debe ser considerada en todos los aspectos del ciclo energético del hidrógeno: producción, transporte, almacenamiento, distribución y utilización. En el sector del transporte las etapas anteriores probablemente evolucionarán a partir de la producción a gran escala y de las instalaciones de distribución ya existentes. Por ejemplo, las pilas de combustible de los autobuses que están siendo probados por la autoridades de tráfico de Chicago han sido suministradas por Air Products and Chemicals una empresa que produce hidrógeno a partir de reformado de gas natural. Este hidrógeno es licuado y transportado en camiones cisterna hasta un depósito aéreo de 35 m<sup>3</sup> donde es almacenado. Posteriormente el hidrógeno líquido se convierte en gas antes de ser bombeado hacia los tanques de combustible de los autobuses. También Madrid, junto con otras grandes ciudades europeas, es partícipe del programa CUTE para la automoción con hidrógeno de autobuses públicos.

En el futuro el hidrógeno producido a gran escala podría ser distribuido mediante tuberías de gas en zonas donde haya una gran demanda de hidrógeno tal y como se hace actualmente en el Sureste de EE.UU. donde hay una gran demanda de hidrógeno como materia prima para la industria química. La producción in situ también puede ser en el caso de equipos de reformado a pequeña escala, actualmente en desarrollo, o electrolizadores a pequeña escala. El hidrógeno también puede ser producido a partir de fuentes renovables de energía como la biomasa, a largo plazo, a partir de la luz del sol y el agua mediante dispositivos fotoeléctricos. En cada caso la seguridad variará en función del proceso productivo, el tamaño, la localización y otras consideraciones específicas de la instalación de producción.

Los nuevos usos del hidrógeno presentan nuevas condiciones de funcionamiento y nuevas tecnologías. Esta diversificación de las aplicaciones del hidrógeno también con lleva sistemas de hidrógeno a gran escala, nuevos “ciclos de vida” y costes. Presumiblemente el contexto de seguridad evolucionará dando lugar a un amplio espectro de nuevas, avanzadas y fiables tecnologías de seguridad.

Otras variables a destacar son los factores humanos relacionados con la seguridad industrial y la gestión de sistemas de seguridad así como la imagen que sobre el hidrógeno tenga la opinión pública. El uso del hidrógeno como energía a gran escala y como combustible cara al público plantea nuevas preguntas sobre riesgos y medidas de seguridad específicas.

A través de la aplicación de normativas, códigos y reglamentaciones la sociedad se asegura que la gestión de riesgos se ha llevado a cabo correctamente. En el caso de que el hidrógeno se transporte entre distintos territorios las disposiciones legales establecidas en ambos deben estar armonizadas con el fin de facilitar las tareas de coordinación entre autoridades.

### **Energía Solar**

Transformación en calor: es la llamada energía solar térmica que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria, dar apoyo a la calefacción para moderar la temperatura de las piscinas. En la utilización directa mediante la incorporación de cristales y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva. (Casas 2012)

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina, es necesario tener sistemas de captación y de almacenamiento para aprovechar la radiación del sol de diferentes maneras.

El sol produce constantemente energía electromagnética que llega directamente a la tierra.

Así lo viene haciendo desde hace unos 4.5 Millones de años y parece que seguirá su producción por varios millones de años más. Toda la energía disponible procede de forma directa o indirecta del sol, excepto la nuclear, mareomotriz y la geotérmica. Sin embargo su utilización ofrece serias dificultades por su estacionalidad, su alternancia día-noche, su dependencia de otras condiciones atmosféricas, su baja densidad y en muchas aplicaciones su costo, que dista de ser competitivo con los combustibles fósiles.

El sol es la fuente primaria de energía, que puede ser usada directamente, en sistemas pasivos, así llamados porque no utilizan otra fuente de energía, o en sistemas activos, que usan otra fuente de energía, generalmente eléctrica, empleada para mover el fluido calefactor.

La energía solar puede transformarse en eléctrica bien directamente, mediante células fotovoltaicas o bien de forma indirecta a través de sistemas térmicos de concentración utilizados para producir vapor que moverá las turbinas generadoras.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. La energía solar es una energía renovable que no contamina conocida como energía limpia o energía verde.

La energía solar se puede transformar de dos maneras: La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica.

La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos. La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad.

A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

## **Efecto fotovoltaico**

Las celdas solares convierten directamente la luz solar en electricidad, debido al efecto fotovoltaico. La luz está compuesta de fotones con diferentes energías. Cuando un fotón con energía suficiente choca con un átomo de algún material, por ejemplo el silicio, el átomo absorbe la energía del fotón y un electrón del material queda en un estado excitado por la energía absorbida, lo que permite, en algunos casos, que se mueva libremente. Si en lugar de uno son varios los electrones que circulan libremente, puede producirse una corriente eléctrica bajo ciertas condiciones y, por lo tanto, generarse electricidad a partir de energía solar.

Para imaginarnos cómo es un átomo supongamos que el núcleo de éste es el Sol y los planetas son los electrones que giran a su alrededor. Para comprender lo que ocurre cuando llega un fotón, pensemos que éste es un cometa. Si el cometa choca con Plutón, a nivel atómico este último adquiriría una energía que le permitiría salir del Sistema Solar. La regla del mundo atómico establecería que todos los planetas únicamente pueden estar en la órbita de algunos otros pero no permanecer en estados intermedios. Si un planeta pasa a una órbita inferior producirá un cometa y si éste choca con un planeta, este último pasará a la órbita inmediata superior. Por lo tanto, si queremos producir un efecto cometa-planetario, es decir, una corriente de planetas, siguiendo las reglas del mundo atómico, se necesitaría que los cometas tuvieran la energía suficiente para que los planetas salieran del Sistema Solar.

Para producir el efecto fotovoltaico se utilizan materiales semiconductores, es decir, aquellos que no son buenos conductores de la electricidad, como el cobre y la plata, y que tampoco sean buenos aislantes, como el corcho o la cerámica. Un ejemplo de semiconductor son los materiales que se emplean en los transistores que poseen cualquier radio. El silicio, por ejemplo, es un material semiconductor.

En los materiales semiconductores existe una región que separa a la banda de valencia, en la cual los electrones están ligados al núcleo atómico, de la banda de conducción, en la que los electrones pueden circular libremente. Dicha región se denomina banda prohibida.

En los materiales aislantes ésta es mayor de 5 eV (electrón-volt) y en los semiconductores, como el silicio es de 1.1 eV. Para lograr la conducción se requiere que los electrones de la banda de valencia pasen a la de conducción, y una forma de lograrlo es que los fotones de los rayos solares proporcionen la energía que se requiere para que los electrones salten la banda prohibida (Moro 2010).

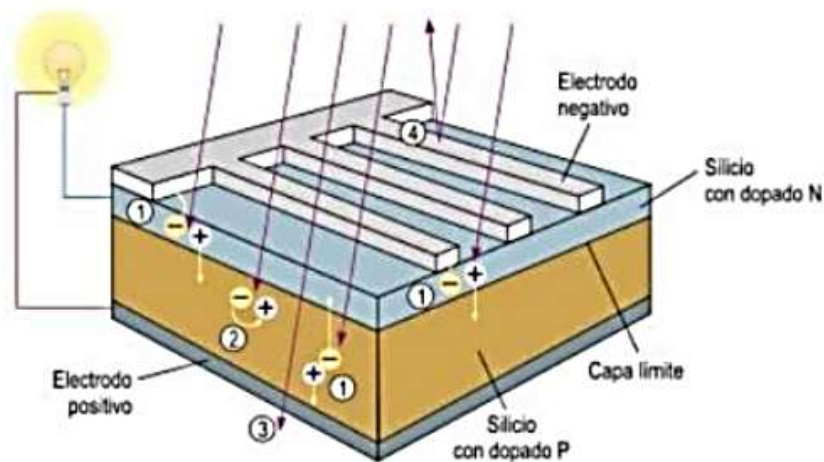
Si a un material semiconductor se le introduce una pequeña proporción de otro material, lo cual se denomina una impureza, se puede conseguir que se tenga un electrón de más o de menos en la banda prohibida. Si esto ocurre cerca de la banda de conducción, el material se denomina tipo n (por negativo). Y si el electrón de más o de menos está cerca de la banda de valencia, el material se llama tipo p (por positivo).

Al juntar un semiconductor tipo n con uno tipo p, se presenta el efecto fotovoltaico, es decir, habrá un flujo de huecos (falta de electrones) hacia el lado del semiconductor n y uno de electrones hacia el lado del semiconductor p.

Los fotones provenientes del Sol llegan a la celda solar y la radiación absorbida generará electrones en la banda de conducción y huecos en la de valencia. Con ello, se generará una corriente eléctrica del lado positivo al negativo y habrá un voltaje. De esta forma, si se conecta una resistencia entre los dos electrodos (positivo y negativo) se presentará un flujo de corriente.

En resumen, cada celda solar tiene tres capas y dos electrodos . La capa que está expuesta al Sol debe aprovechar al máximo la radiación solar por unidad de área y por esta razón el electrodo negativo está formado por pequeñas tiritas de un material conductor.

Las celdas de unión PN se descubrieron en 1954, en los Laboratorios Telefónicos Bell de Estados Unidos y se utilizaron como una fuente de energía en los teléfonos rurales, y posteriormente se emplearon para cubrir las necesidades de energía eléctrica de los satélites artificiales, aunque el principio de operación lo descubrieron Adams y Day en 1878, utilizando selenio, y las primeras celdas las construyó Charles Fritts, en 1879.



Fuente: Perales B. (2008) *Guía del instalador de energía renovable*, Noriega Editores, México

### Descripción de los sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, pueden realizarse instalaciones de electrificación autónoma o interconectados o la red, además de otras aplicaciones más específicas (Casas 2012).

Para el caso de las instalaciones de electrificación autónoma, estas instalaciones tienen una total autonomía energética y se construyen especialmente en lugares en que, por motivos económicos, técnicos y medioambientales, no es posible hacer llegar la red de distribución eléctrica (casas rurales aisladas, sistema de señalización), asimismo para las instalaciones interconectadas a la red eléctrica, distinguimos dos tipos de instalaciones, aquellas que aprovechan la energía producida por el propio edificio e inyectan la sobrante a la red de distribución eléctrica y los que inyectan directamente toda la producción de energía eléctrica a la red de distribución general y se aprovechan de ella para su propio consumo.

Existe otras aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos por ejemplo 1en las aplicaciones agrícolas y son numerosas para la utilización de los sistemas de bombeo de agua de pozos el riego automático, también son utilizados en las carreteras y autopistas, donde sirven para alimentar equipos aislados, tales como las señales de tráfico puntos de socorro, equipos de comunicación, cámaras, iluminación, y finalmente esta tecnología se emplean en el espacio donde se necesita una fuente de energía autónoma y fiable para la alimentación de satélites otros ingenios especiales, como la sonda marciana pathfinder.

### **Ventajas y desventajas de la energía solar**

La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento. No requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa.

No consume combustibles fósiles. No genera residuos. No produce ruidos es totalmente silenciosa. Es una fuente inagotable. Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente. Además de las ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas, una instalación tiene una vida larga (los paneles solares duran aproximadamente 30 años).

Además resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. No existe una dependencia de los países productores de combustibles. Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general.

Puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica. Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos. No es económicamente competitiva con otras energías actuales. Producción variable



según climatología del lugar y época del año. Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores: el rendimiento final se estima en solo un 13%. (Jiménez 2002)

Energía Solar	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente inagotable de energía.</li> <li>• Escaso impacto ambiental.</li> <li>• No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.</li> <li>• Distribuida por todo el mundo.</li> <li>• No tiene más costos una vez instalados.</li> <li>• No hay dependencia de las compañías suministradoras.</li> <li>• Silenciosa</li> <li>• Tiene una vida útil superior a 25 años.</li> <li>• Resistente a condiciones climáticas extremas: granizo, viento, etc.</li> <li>• No requiere mantenimiento complejo, solo limpieza del módulo solar.</li> <li>• Se puede aumentar la capacidad instalada y la autonomía de la instalación.</li> <li>• No consume combustible.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se precisan sistemas de acumulación (baterías) que contienen agentes químicos peligrosos.</li> <li>• Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.</li> <li>• Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los modelos solares en el entorno.</li> </ul>

Fuente: Jiménez C. B. E., (2002). *La contaminación ambiental en México*. Editorial Limusa.

# **Estudio de Mercado**

## **Reseña histórica**

Históricamente y desde hace algo más de doscientos años, el manejo por parte del hombre de formas de energía de mayor densidad que la leña, como el carbón, luego el petróleo y ahora el gas natural han brindado junto a la tecnología de conversión del calor en trabajo mecánico y electricidad, aquellas otras tecnologías que facilitan y permiten acceder a superiores servicios de transporte, fuerza motriz, comunicaciones, confort en el hogar y perfeccionamiento del comercio.

El conjunto de tecnologías especialmente desarrolladas en el siglo XX, ha elevado el nivel de consumo de energía per cápita en la mayoría de los países. Ese parámetro se toma como sinónimo de bienestar.

También, esa mayor cantidad de energía permite incrementar la producción de alimentos, considerando que el riego y los fertilizantes son en buena medida el resultado del dominio energético dentro del bagaje cultural evolutivo de la humanidad, hechos que han posibilitado el incremento vertiginoso de la población global. Toda esta bonanza que parecía orientada hacia un destino continuo y mejor, colapsa y resulta inconveniente para el interés común.

Afortunadamente, el ingenio humano, impulsado muchas veces por la necesidad de encontrar alternativas, logrará en las fuentes renovables directas o derivadas del sol, como el viento, la hidráulica, la geotermia y la biomasa, el recurso energético primario que le permita mantener el consumo per cápita e incluir al tercio de población mundial, hoy todavía carente de servicios energéticos. Esto permitiría que el hombre no sea dependiente exclusivo de la tracción a sangre o la leña, cuando se tiene, empleada directamente como fuente de calor.

Así, aparece el hidrógeno, elemento en estado gaseoso en condiciones ambientales normales, pero que es factible de almacenamiento, transporte y distribución, lo que permite su aplicación a cualquier segmento de la demanda.

El hidrógeno fue descubierto por el científico británico Henry Cavendish, en 1776, quién informó de un experimento en el que había obtenido agua a partir de la combinación de oxígeno e hidrógeno, con la ayuda de una chispa eléctrica. Como estos elementos, no eran conocidos, los denominó "aire sustentador de la vida" y "aire inflamable" respectivamente. El químico francés Antoine Laurent Lavoisier consiguió repetir con éxito el experimento en 1785 y dio el nombre de oxígeno al "aire sustentador de la vida" y el de hidrógeno al "aire inflamable", ya que con el aire y el oxígeno formaba agua. Fue aislado por Dewar en 1898.

### **Antecedentes**

En tan solo 1000 km<sup>2</sup> dentro de la provincia de Sta. Cruz (pico truncado) se puede generar, a partir de la energía eólica hidrógeno líquido para exportar, equivalente a casi 48.000 barriles diarios de petróleo" Ing. Erico Spinadel presidente de la Asociación Arg. de Energía Eólica.

En Europa el Programa CUTE (CleanUrbanTransportEnergy) implementará en diez grandes ciudades el uso del hidrógeno como combustible para el transporte urbano de pasajeros. Las principales fábricas automotrices del mundo ya están estudiando su uso.

### **Pico Truncado**

Casi cien años más tarde, y ya convertida en una ciudad gasífera de 15.000 habitantes, ubicada al norte de la provincia de Santa Cruz, a 2000 km de Buenos Aires y a 60 del océano Atlántico-, protagoniza un singular experimento tecnológico, técnicos e ingenieros argentinos obtuvieron allí por primera vez hidrógeno generado a partir de energía eólica.

En las instalaciones ubicadas en el Parque Eólico Jorge Romanutti, desarrolladas bajo la dirección del doctor Juan Carlos Bolcich, presidente de la Asociación Argentina del Hidrógeno, y cuya construcción se inició hace aproximadamente dos años por voluntad unánime de la población, se completó así el primer paso para la producción del gas que puede utilizarse como combustible limpio (su producto final es el agua) y

para completar el ciclo de generación de energía por medio del viento. La planta experimental que costó 500.000 dólares y cubre 800 metros cuadrados obtiene la energía de las cuatro turbinas eólicas que generan 2400 kW por hora, suficiente para dar electricidad a la mitad de la población de Pico Truncado (8000 habitantes).

Pero también esa energía se utiliza, mediante la electrólisis (ruptura por medio de la electricidad) para romper la molécula del agua y obtener hidrógeno puro, separado del oxígeno.

El complejo no sólo funcionará en forma experimental, sino que en breve se ampliará a fase semi-industrial en los procesos generadores de hidrógeno y en el manejo más eficiente de esta tecnología.

El laboratorio equipado con un quemador de hidrógeno, un almacenador de hidruro y un sistema electrolizador, consta además de oficinas, una biblioteca y aulas de capacitación para que científicos del país del Mercosur se especialicen en el uso del hidrógeno como combustible del futuro.

Las cuatro áreas de trabajo para la producción de hidrógeno se destinarán para combustible de vehículos de transporte, generadores de electricidad acumulable en celdas de combustible, almacenadores permanentes y calefaccionar ambientes domiciliarios.

Los avances de la flamante planta experimental posibilitó que las Naciones Unidas y el Centro Internacional Tecnológico de Energías e Hidrógeno, con sede en Estambul, Turquía, hayan elegido al pueblo Nuestra Señora de los Dolores de KoluelKaike, distante 23 kilómetros de Pico Truncado, para convertirse en una de las cinco localidades en el mundo en funcionar a base de hidrógeno.

### **Desarrollo de vehículos a hidrógeno**

Las más importantes compañías fabricantes de automóviles no están ajenas a la probabilidad de una futura economía de hidrógeno. Al parecer creen que

una economía de hidrógeno es una solución factible a la alta emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente. Por eso gastan gran cantidad de dinero en el desarrollo de prototipos que utilicen ésta fuente de energía. La tecnología para hacer funcionar autos en base a hidrógeno ya existe, sin embargo hasta ahora el mayor problema que existe es su alto costo y su baja autonomía. A continuación se presenta un breve resumen del desarrollo algunos de éstos vehículos de parte de las compañías automotrices.

### **BMW**

BMW lanzó el año pasado el primer vehículo de producción propulsado por hidrógeno. El BMW Hydrogen 7 es un auto híbrido. Esto es que puede funcionar en base a bencina o a hidrógeno. Esto debido a lo escaso que son los lugares para reabastecer el auto con hidrógeno (En Chile todavía no existe un lugar de éstas características y no hay planes de crearlo en el corto plazo). El Hydrogen 7 posee un motor de combustión interna que funciona tanto a hidrógeno cómo a bencina. El motor es un V12 de 6.0 litros que al ser alimentado por hidrógeno genera 260 HP, puede acelerar en 9.2 segundos a los 100 km/h y tiene una autonomía de aproximadamente 200 km. El hidrógeno es almacenado de forma líquida a aproximadamente -250°C.

### **DaimlerChrysler**

Desde 2003, DaimlerChrysler ha estado probando y mejorando su prototipo Mercedes-Benz clase A F-Cell. Éste vehículo tiene un motor eléctrico alimentado por celdas de combustible de hidrógeno. El motor eléctrico tiene una potencia de 65 kW. Acelera de 0 a 100 km/h en 16 segundos y llega a una velocidad máxima de 140 km/h. Su autonomía es de aproximadamente 150 km.

### **Ford Motors**

Ford Focus FCV-Hybrid, es la tercera generación de prototipos Ford a celdas de combustible. Es una variación del tradicional Focus que posee un motor eléctrico que es alimentado por una pila de Ni-MH de alto voltaje y por celdas de combustible.

## **General Motors**

General Motors posee múltiples modelos de prototipos a celdas de combustible. El Chevrolet Sequel posee un motor eléctrico alimentado por celdas de combustibles de hidrógeno. Éste es almacenado en forma de gas comprimido. Logra una aceleración de 0-100 km/h en 10 segundos y una autonomía de 300 millas (aproximadamente 500 km). Además posee el sistema conceptual by-wire que reemplaza los sistemas mecánicos e hidráulicos de conexión de los autos convencionales por un sistema electrónico.

El HydroGen3, prototipo creado sobre la base del Zafira. Es propulsado por un motor eléctrico alimentado por celdas de combustible de hidrógeno. Éste es almacenado como gas comprimido o como gas licuado. Su autonomía en el primer caso es de 270 km y en el segundo de 400 km.

## **Honda**

Honda anunció el año 2006 que el 2008 se comenzará a comercializar su conceptual FCX a celdas de combustible de hidrógeno. Éste vehículo alcanza una velocidad máxima de 160 km/h y tiene una autonomía de 570 km. El motor tiene una potencia de 95 kW. En este conceptual el hidrógeno es almacenado en la forma de gas comprimido.

## **Hyundai**

Hyundai desarrolló el Tucson FCEV, conceptual que es alimentado por celdas de combustible de hidrógeno. Tiene una autonomía de 300 km y logra una velocidad máxima de 150 km/h.

## **Estaciones de servicio y gasoductos**

El Hidrógeno se impondrá definitivamente como combustible vehicular cuando se terminen de desarrollar las redes de expendio del producto, tal como sucedió con la nafta en su momento y con el GNC en nuestro país.

En Alemania, un conglomerado de grandes empresas como BMW, Aral, Ford, DaimlerChrysler, y otras, formaron una asociación llamada Clean Energy Partner ship,

la cual se preocupa del desarrollo de las tecnologías del hidrógeno y tiene estaciones de servicio de hidrógeno a público.

El problema de transportar hidrógeno es su baja densidad de energía. Debido a esto hay que transportar mucho más hidrógeno que gas natural u otro combustible fósil para transportar la misma energía. En el caso de los gasoductos, al comparar con el gas natural, se necesitaría transportar 3.5 veces la cantidad de gas natural de gas natural en hidrógeno para obtener la misma cantidad de energía. Esto hace que los gasoductos de hidrógeno tengan que tener diámetros mucho mayores, lo que los hace más caros. Otro problema que se presenta al transportar el hidrógeno a través de gasoductos son los materiales de los cuales tienen que ser fabricados. El hidrógeno es muy corrosivo, por lo cual los gasoductos se tienen que hacer de materiales más sofisticado y costosos que el gas natural. Además las presiones que deben soportar son mayores, lo cual también los hace más caros

### **Antecedentes del proyecto en nuestro país, automotriz de mix de GNC + H2**

A continuación pasamos a detallar los proyectos ya existentes en nuestro país, teniendo en cuenta que en nuestro país todavía se encuentra en investigación el mix de GNC + H<sub>2</sub>, y no se encuentra en el mercado.

Pico Truncado, 09 de octubre de 2009

La Planta Experimental de Hidrógeno finalizó exitosamente la reconversión de un motor naftero a un sistema de funcionamiento dual (Gas Natural Comprimido+ Hidrógeno o nafta) pasando de uno a otro combustible mediante el simple accionamiento de una llave.

Este híbrido presenta significativas ventajas porque el uso del hidrógeno mezclado con el gas natural le confiere un mayor potencial de combustión, menor desgaste de las partes móviles del motor y mantiene el aceite libre de contaminación.

Respecto a la contaminación ambiental sus ventajas son enormes al devolver a la naturaleza el vapor de agua, producto de la combustión del hidrógeno, y sólo el mínimo porcentaje de emisiones correspondientes al gas natural.

Los vehículos funcionando con GNC+H<sub>2</sub> son un primer paso hacia el futuro transporte basado en el Hidrógeno.



**Se continúan los ensayos en Combustibles para el funcionamiento de motores móviles y estacionarios a partir de HIDRÓGENO al 100% y del Mix de gases.(GNC + Hidrógeno)**

El prototipo fue presentado en Buenos Aires en el marco de los festejos del Bicentenario de la Patria en el mes de mayo. Consiste en una CAMIONETA FORD RANGER, PIONERA EN EL MIX DE GAS NATURAL COMPRIMIDO MAS HIDROGENO, (GNC + H<sub>2</sub>), CONVERTIDA EN SU TOTALIDAD CON ELEMENTOS DE INDUSTRIA NACIONAL Y POR PROFESIONALES ARGENTINOS. CON LA SIMPLE PRESION DE UNA TECLA EN EL TABLERO DE INSTRUMENTOS, SE PRODUCE LA CONVERSION DE NAFTA A MIX DE GASES O VICEVERSA.

Las características técnicas son las siguientes:

CAMIONETA FORD RANGER TRACCION SIMPLE - MOTOR FORD "V 6" OHV 3958 c.c.  
INYECCION ELECTRONICA MPFI - ENCENDIDO ELECTRONICO EEC-V MAP-DIS  
RELACION DE COMPRESION 9:1 - COMBUSTIBLE NAFTAS RON 91 OCTANOS

MIX DE GASES (GNC-H<sub>2</sub>), se almacena en dos cilindros ubicados en la caja de carga a una presión máxima de 200 bar.

Entre las ventajas químicas más apreciables sobre el GNC solo, al mezclarse el porcentaje tabulado de HIDROGENO, aumenta la potencia en la combustión.



**La revista HIDRÓGENO de la asociación argentina de hidrógeno director: José luisa prea, Enero 2011**

Además de la Ford Ranger que fuera exhibida hace pocos meses en el Paseo del Bicentenario que tuviera lugar en Buenos Aires, y el Renault 9 con el que se realizaron los primeros experimentos con el mix durante 2010, se realizó el acondicionamiento de un Volkswagen Gol y una Renault Kangoo del parque automotor municipal. Ahora, apenas iniciado 2011, se colocó el equipamiento necesario para aprovisionar un Chevrolet y un Volkswagen Gol de la fuerza policial completando una pequeña flota de seis móviles a hidrógeno. Así el patrullero Classic se convirtió en el primer vehículo policial del país impulsado por una mezcla que contiene hidrógeno y gas natural



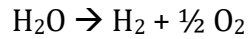
**En Pico Truncado los patrulleros empiezan a funcionar con hidrógeno**



## Balance de Masa

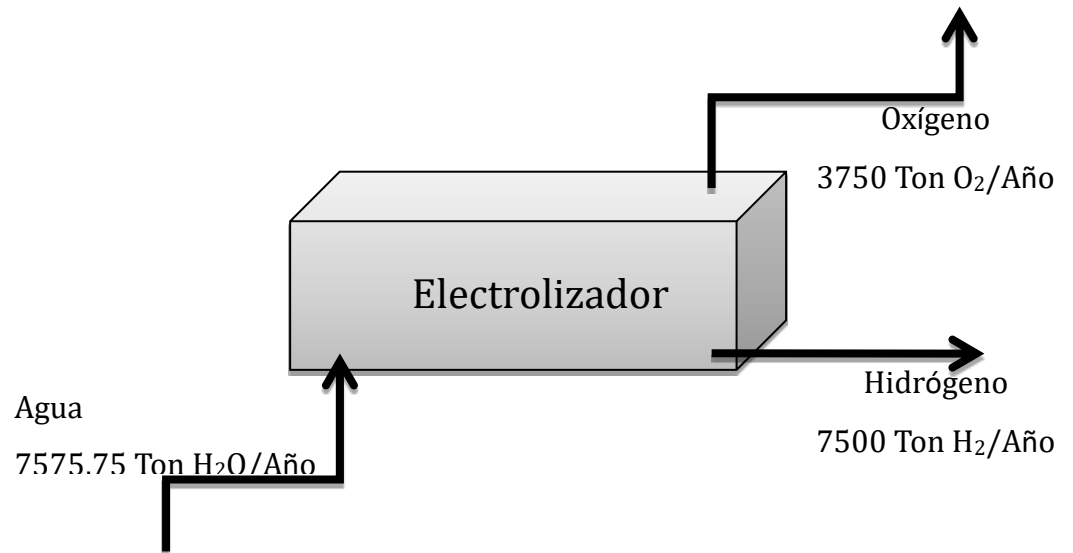
La planta producirá 7500 Ton H/Año (misma producción que la planta de producción de hidrógeno a partir de energía eólica de pico truncado).

En base a la producción de H<sub>2</sub> y a:

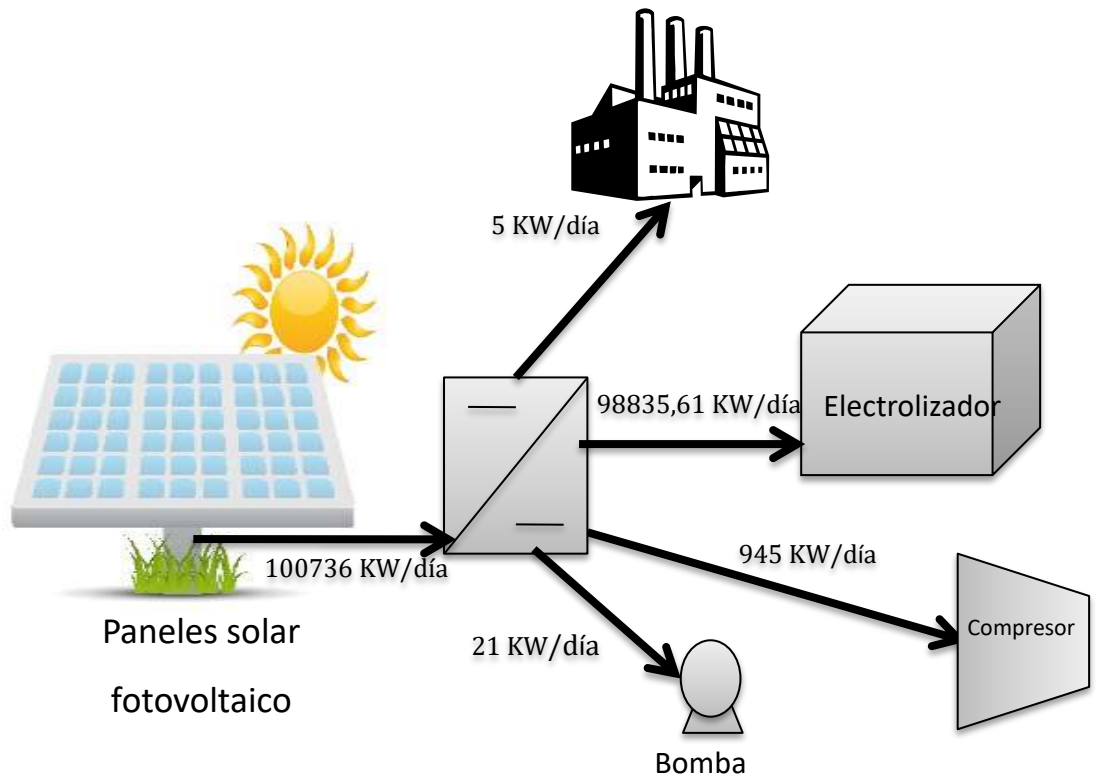


Se obtiene que se producirá 3750 Toneladas de O<sub>2</sub> medicinal al año.

Necesitando para su producción 7575,75 Ton H<sub>2</sub>O/Año, teniendo en cuenta que para obtener 1Nm<sup>3</sup> de Hidrógeno se necesita 0,9 litros de H<sub>2</sub>O.



## Balance de Energía



## **Economía de hidrógeno**

La Economía de Hidrógeno es una economía hipotética en la cual el hidrógeno es un medio de transporte de energía y no una fuente primaria de energía como lo son la energía atómica, el petróleo, el carbón o el gas natural.

La propuesta de una economía de hidrógeno tiene el propósito de resolver el efecto invernadero generado por el uso de combustibles fósiles en el transporte y otras aplicaciones donde se libera CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En la economía actual, el transporte de personas y bienes es energizado por los derivados del petróleo (bencina, diesel, carbón y gas natural). Sin embargo la combustión de estos hidrocarburos genera gases que ayudan a incrementar el efecto invernadero y que son tóxicos. Además las reservas mundiales son limitadas.

En una economía de hidrógeno, el hidrógeno sería manufacturado a través de alguna fuente primaria de energía y usado como reemplazo de los combustibles fósiles usados para el transporte. El hidrógeno sería utilizado como combustible en celdas de combustible o en motores de combustión interna. De fuente de energía primaria se ocuparían plantas fijas que ocupen energías renovables, nuclear o hidrocarburos. Con el uso apropiado de energías primarias, se podría reducir en gran medida la emisión de gases que generan el efecto invernadero.

Un elemento clave de la economía de hidrógeno es que el uso y la generación de la energía están desacoplados. La energía primaria no tiene que viajar con el vehículo, cómo lo hace con los combustibles fósiles. Así la energía puede ser generada a gran escala y de manera centralizada lo que facilita una mayor eficiencia, permitiendo la posibilidad del uso de tecnologías como la secuestación de carbono (método para capturar gran parte del CO<sub>2</sub> generado por las generadoras térmicas) que es imposible de implementar para aplicaciones móviles. Alternativamente también puede haber un esquema de generación distribuida donde se ocupen fuentes renovables de pequeña escala.

La producción de hidrógeno puede ser centralizada, distribuida o una mezcla de éstas opciones. Mientras la generación de hidrógeno en enormes plantas centralizadas promete una mayor eficiencia en la producción del hidrógeno, tiene la dificultad de transportar un gran volumen a través de amplias distancias (lo cual es bastante costoso cómo se explica más adelante), lo que hace a la distribución de energía eléctrica más atractiva dentro de una economía de hidrógeno. En ese escenario, pequeñas plantas regionales o incluso estaciones de servicio pueden generar hidrógeno usando energía provista por la distribución eléctrica. Mientras la eficiencia de generación es menor en éste caso que en una generación centralizada, las pérdidas en el transporte de hidrógeno, la pueden hacer una opción mucho más eficiente.

Una incertidumbre sobre una futura la economía de hidrógeno es si la distribución de hidrógeno va a competir con la distribución eléctrica. En otras palabras, si el hidrógeno va a ser generado de forma limpia (a través de energías renovables, nuclear, o a base de combustibles fósiles con secuestro de carbono) y transportado a los puntos de demanda de energía donde sería transformado en electricidad mediante una gran cantidad de pequeños generadores o si va a ser la electricidad la forma de transportar la energía para luego generar el hidrógeno y ser utilizado sólo en aplicaciones móviles. Esto va a depender del avance de las tecnologías. Por el momento el transporte del hidrógeno es sumamente caro, debido a la infraestructura necesaria, la cual es mucho más costosa que para el gas natural debido a que el hidrógeno se fuga fácilmente a través de los conductos y tiene una densidad de energía mucho menor, lo que hace que para transportar la misma energía se requiera transportar mucho más hidrógeno que gas natural.

### **Producción**

El H<sub>2</sub> en forma comercial se produce principalmente por reformado de metano (GN), por ser el método más económico. Tiene la desventaja de poseer CO<sub>2</sub> como residuo, aunque una nueva planta de Air Liquide en Campana Provincia de Buenos Aires, lo recupera evitando su impacto en la atmósfera y con modernos sistemas de

purificación se llega a obtener muy altos grados de pureza > 99%, antes sólo alcanzable por electrólisis del agua.

La producción por electrólisis de agua tiene como beneficio el alto grado de pureza del  $\text{H}_2$  y del  $\text{O}_2$ . Por distintas razones, la ANMAT (Agencia Nacional de Medicamentos y Alimentos) ha declarado al  $\text{O}_2$  medicinal como un fármaco, y requiere que el grado de pureza sea al menos del 99%

Las empresas argentinas productoras de Hidrógeno no emplean la norma IRAM/ ISO de calidad de producto, aunque la conocen. Usan un viejo código al que está habituado el mercado argentino para indicar el grado de pureza y consiste en expresar cada 9 de pureza como un dígito en forma acumulativa. (Ejemplo si se quiere indicar 99,998 % de pureza se expresa "4.8" es decir 4 nueves seguido de un 8 y si quisiera expresar 99,999 % de pureza indican "5.0" es decir 5 nueves y un cero final).

Actualmente empresas productoras de  $\text{H}_2$  por reformado de vapor ( $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{steamreforming}$ ) comercializan  $\text{H}_2$  al 99,999 % de pureza (especificación para cromatógrafos entre otros usos), mediante técnicas de purificado y filtrado de  $\text{CO}_2$  y  $\text{CO}$ .

Por lo general el  $\text{H}_2$  electrolítico se produce para laboratorios (por ejemplo para cromatógrafos de contraste, entre muchas otras aplicaciones y en la industria alimenticia). La empresa INDURA produce  $\text{H}_2$  electrolítico.

Las grandes productoras en Argentina de  $\text{H}_2$  son AIRLIQUIDE (Francesa), LINDE (Alemana, ex AGA), PRAXAIR (USA) e INDURA (chilena).

Muchas otras empresas producen  $\text{H}_2$  para sus propias necesidades (especialmente petroleras, petroquímicas y alimenticias) y otras como producción secundaria de otros procesos químicos, por ejemplo las plantas de Soda Cloro (ELECTROCLOR, CLOROX, etc).

En estos procesos puede suceder que:

a) El H<sub>2</sub> excedente lo vendan a otras empresas,

b) El H<sub>2</sub> obtenido "by product" lo usen para sus propias necesidades (por ejemplo quemar en calderas en sustitución del GN)

c) Directamente venteen el excedente a la atmósfera.

Normalmente para electrolizar se necesitan unos 5,0 kW/ Nm<sup>3</sup> GH + 0,91 Litros de agua tratada/ Nm<sup>3</sup> GH

Lo ideal es producir H<sub>2</sub> con energías primarias renovables como viento (Pico Truncado), solar, hidráulica, biomasa, etc. Lo ideal es cuando las represas hidráulicas no pueden turbinar por falta de demanda y poseen excedente de nivel de agua, que produzcan H<sub>2</sub> y lo almacenen para entregarlo mediante generadores a H<sub>2</sub>, a la red eléctrica mayorista en los picos de demanda.

### **Demanda**

Mediante un ejercicio de cálculo teórico se puede estimar la producción de H<sub>2</sub> negro (principalmente metano por reformado de vapor y cracking en destilerías) en el país en aproximadamente unas 16.000 Toneladas/ año. Se reitera que este cálculo es teórico por cuanto esos volúmenes en su enorme mayoría son utilizados por las mismas empresas productoras para sus propias necesidades, no quedando generalmente disponibilidad para comercializar excedentes de H<sub>2</sub>.

La producción potencial de H<sub>2</sub> por sistemas Viento – Hidrógeno podría alcanzar unas 7.500 Ton H /año. Esta cifra surge del análisis del potencial eólico, al que se aplica un coeficiente del 0,35 de eficiencia y 5 kW/ Nm<sup>3</sup> GH en el proceso de electrólisis. Esta cantidad debe ser debidamente ajustada a futuro.

También podría obtenerse G mediante digestores, algo que recién se insinúa para los tambos cuando es una práctica generalizada en el resto del mundo. Este tipo de procesos son de producción/ generación distribuida, y no necesitan suministro

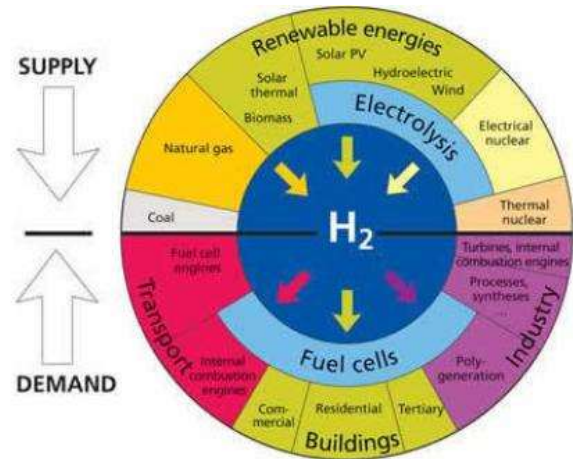
eléctrico, ahorrando la gran inversión en tendidos eléctricos de distribución en zonas rurales.

La demanda actual nacional parecería satisfecha, pero si se generalizara el uso del mix de GNC+ 20% H<sub>2</sub> para uso automotor se necesitarían con el actual parque unas 55.000 Ton H /año, sólo en este rubro. El consumo de GNC en el país es de 9 MM m<sup>3</sup> /día. El ahorro de GN importado sería sustancial, sobre todo si se permitiera el uso del GNC+H<sub>2</sub> a la flota de

transporte pesada y a las locomotoras, algo vedado por limitaciones al consumo.

Si pensáramos la aplicación del mix GNC + 10% H<sub>2</sub> para centrales eléctricas, que hoy pueden quemar 60 MM GN/día se

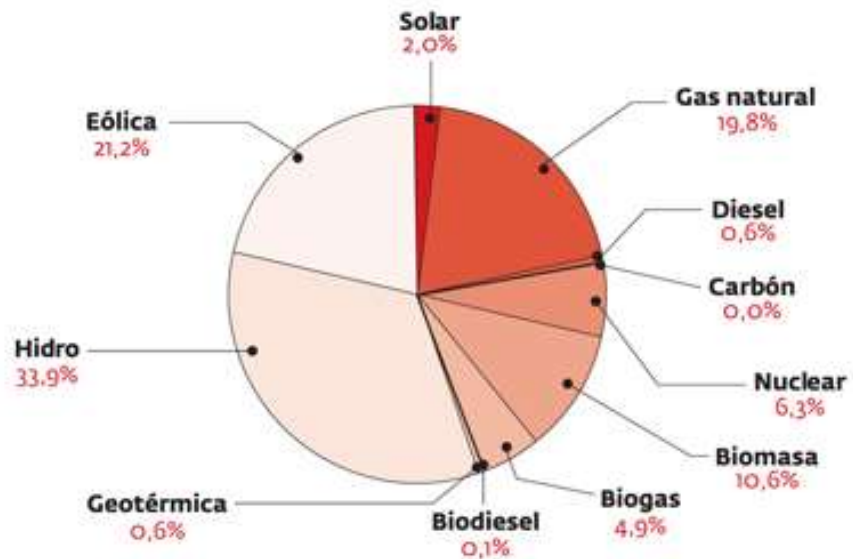
necesitarían 190.000 Ton/ día extras de H<sub>2</sub>. El porcentaje del 10% es sólo para dar una idea de la enorme potencialidad de sustitución de GN – y de divisas de importación- que se podría alcanzar, pero las calderas pueden trabajar con hasta el 90% de H<sub>2</sub> en sus quemadores, reservándose el 10% de combustible fósil sólo para que los sensores puedan percibir la llama, ya que en el caso de GH resulta casi invisible. En nuestro país se comercializan quemadores de H<sub>2</sub> para calderas por firmas nacionales y extranjeras. Lamentablemente hoy en día las grandes centrales térmicas están obligadas a quemar gas oil o fuel oil por falta de gas natural.



## Matriz energética

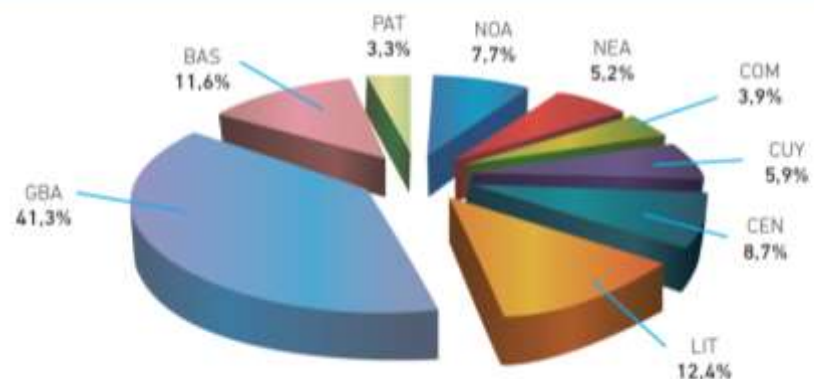
Argentina

### MATRIZ ENERGÉTICA PARA 2030 (SEGÚN FVSA)



Fuente: Fundación Vida Silvestre Argentina

### Demanda de energía eléctrica (GWh) por regiones a junio de 2013



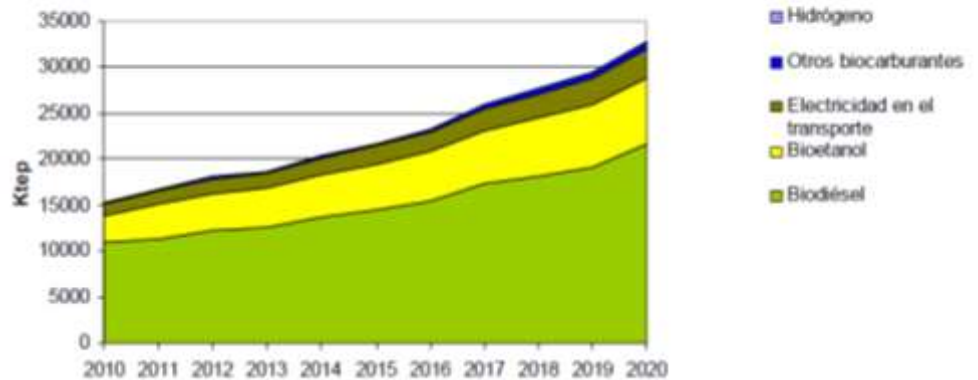




La generación de "otras renovables", que surge de las gráficas precedentes, comprende la generación eólica y solar incorporada hasta el momento. Siendo en su mayor parte generación eólica.

## Mundial

Desarrollo de las energías renovables en el sector del transporte en la UE



Comisión Europea (UE)

## Ventajas

### Ventajas ecológicas de su utilización

- Cuando el  $H_2$  arde con el aire en motores de combustión interna como en turbinas de gas sólo se producen escasas emisiones despreciables de elementos indeseables.

- Las emisiones de monóxido de nitrógeno (NOx) se incrementan exponencialmente con la intensidad del calor. Por lo tanto, esas emisiones indeseadas pueden ser controladas por medio de la selección de procesos de combustión apropiados.
- Dado que el H<sub>2</sub>, en contraste con otros combustibles, permite mayor libertad en los procesos de combustión, es posible disminuir las emisiones de NOx en comparación con las producidas por la combustión del GN o el petróleo. Para alcanzar este propósito se puede lograr una baja intensidad calorífica mediante el empleo, por ejemplo, de alta admisión de aire en la combustión.
- Mediante el uso de H<sub>2</sub> en celdas de combustible (FC), por ejemplo en celdas PEM (de membrana de intercambio protónico), se pueden evitar completamente las emisiones indeseadas. En el proceso de generación de energía mediante H<sub>2</sub> y el oxígeno del aire, el producto de la reacción es sólo agua, exenta de minerales, como el agua destilada.
- El uso de H<sub>2</sub> en la operación de FC a altas temperaturas causa emisiones cien veces menores que las producidas por las centrales eléctricas convencionales.
- El H<sub>2</sub> es también un transportador secundario de energía (carrier) y nos ofrece la posibilidad de introducir la alternativa flexible y diferente de acumulación de las energías renovables en el mercado de los combustibles.

#### **Ventajas frente a los combustibles fósiles:**

- Alta densidad energética en base másica.
- Bajo peso de combustible en los tanques de almacenamiento.
- Alta disponibilidad.
- Se puede producir a partir de distintas materias primas.
- Elemento estable y no corrosivo.
- Combustible "limpio".
- La combustión del hidrógeno con oxígeno sólo produce agua.

## **Estudio Técnico**

Los objetivos del análisis Técnico de un proyecto son los siguientes:

- ✓ Analizar y determinar el tamaño óptimo, la localización óptima y los equipos requeridos para realizar la producción.

### **Determinación de la Localización Óptima de la Planta**

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital u obtener el costo unitario mínimo.

#### **Macro localización**

La Planta se deberá instalar en un parque o polo industrial debido a que el objetivo de la misma es de abastecer una de las industrias que se encuentren dentro del parque industrial a determinar. Para la macro localización de nuestra Planta de Hidrógeno a partir de Energía Solar Fotovoltaica nos basaremos en el Método Cualitativo por Puntos. Para ello realizaremos una comparación cualitativa de diferentes parques industriales teniendo en cuenta los factores relevantes para la toma de decisión.

Los parques industriales que se seleccionaron, teniendo en cuenta la materia prima y el transporte del Hidrógeno, para la posible localización de la planta son los siguientes:

- ✓ **Parque Industrial Jáchal (San Juan- Departamento Jáchal)**

Lugar: Parque Industrial Jáchal

Domicilio: Eugenio Flores N° 0

Superficie Total: 24,1989 Hectáreas

Superficie Total de Lotes a la Venta: 12,2593 Hectáreas

Beneficios Otorgados (Resolución 9/2011 - VISTO el Expediente N° S01:0427925/2010 del Registro del MINISTERIO DE INDUSTRIA.): Que para acceder a este beneficio, el Parque Industrial solicitante debe estar inscripto previamente en el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI) actuante en el ámbito de la UNIDAD DE DESARROLLO INDUSTRIAL LOCAL (UDIL) del MINISTERIO DE INDUSTRIA, creado por el Artículo 2º del Decreto N° 915/10 y aportar como mínimo y en concepto de contrapartida local, recursos adicionales equivalentes al TREINTA Y CINCO POR CIENTO (35%) del monto del subsidio peticionado al aporte solicitado.

Que a fojas 36 del expediente citado en el Visto, la MUNICIPALIDAD DE JÁCHAL de la Provincia de SAN JUAN solicita un Aporte No Reintegrable (ANR) por la suma de PESOS TRESCIENTOS MIL (\$ 300.000) con el objeto de realizar las obras intramuros correspondientes a la construcción del cerco perimetral y portón de acceso del PARQUE INDUSTRIAL JÁCHAL.

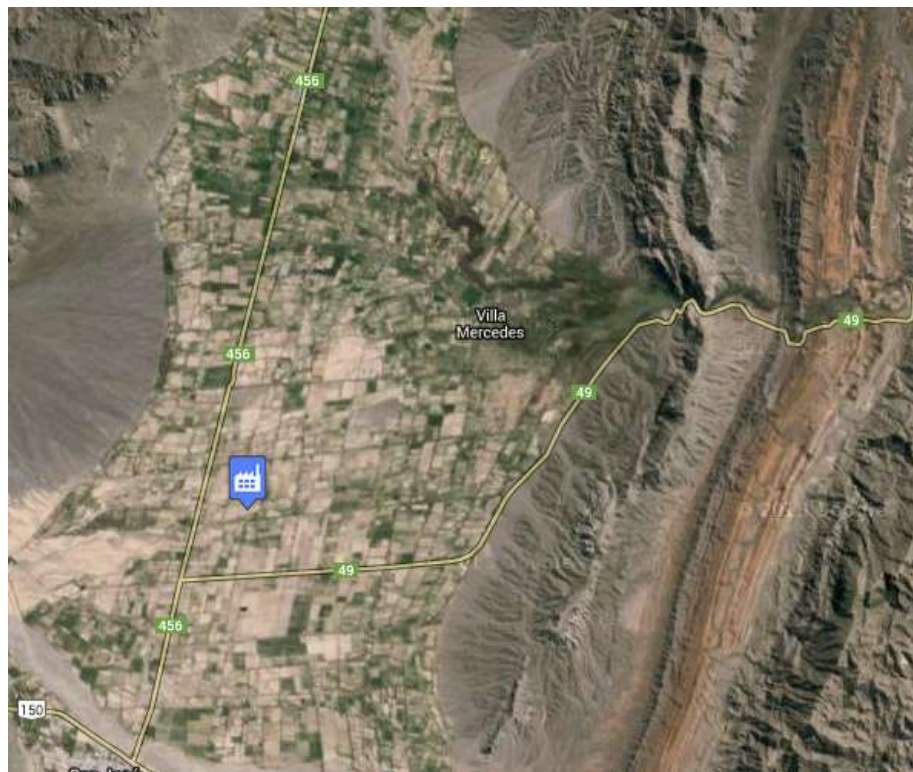
Que el presupuesto presentado por la Municipalidad mencionada en el considerando precedente, obrante a fojas 50/51, totaliza la suma de PESOS CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN MIL SETECIENTOS CUARENTA Y DOS CON CINCUENTA Y DOS CENTAVOS (\$ 441.742,52), comprometiéndose la Municipalidad a aportar recursos adicionales, en concepto de contrapartida local, por la suma de PESOS CIENTO CUARENTA Y UN MIL SETECIENTOS CUARENTA Y DOS CON CINCUENTA Y DOS CENTAVOS (\$ 141.742,52) de conformidad con lo normado por el Artículo 7º del Anexo al Decreto N° 915/10.

Que conforme surge del proyecto presentado, las obras a las que se destinará el Aporte No Reintegrable (ANR) tendrán un impacto positivo, en tanto permitirán la delimitación del PARQUE INDUSTRIAL JÁCHAL, mejorando la seguridad del predio y posibilitando que sólo puedan acceder el personal, maquinaria y equipos relacionados con las actividades allí desarrolladas.

#### Infraestructura y Equipamientos

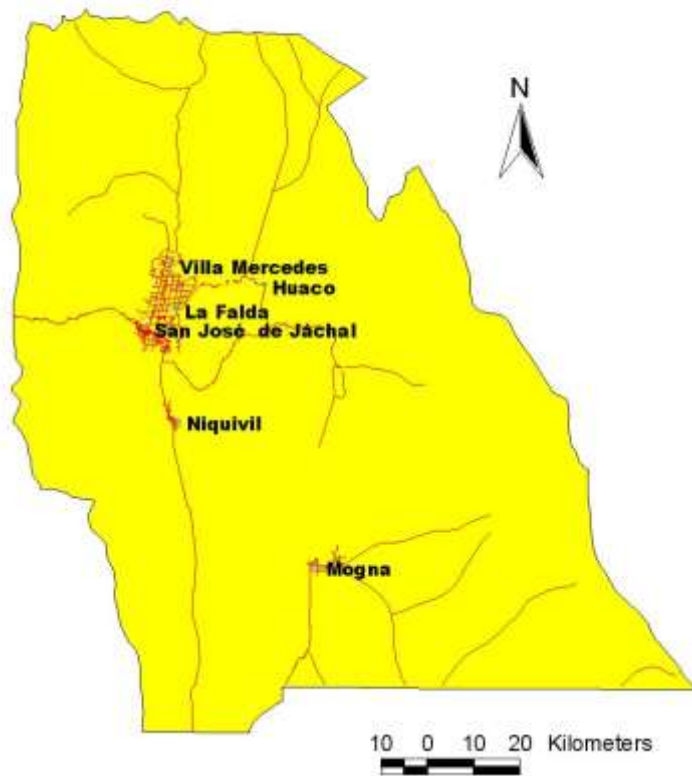
- Agua Potable

- Alumbrado público
- Calles Internas
- Energía Eléctrica
- Planta de Tratamiento de Agua
- Transporte Urbano





### Departamento Jáchal



✓ **Parque Industrial De La Ciudad De General Güemes ( Salta - Ciudad De General Güemes)**

Lugar: Parque Industrial De La Ciudad De General Güemes

Domicilio: Ruta Nacional N° 34 N° 1135 • (4430) - GENERAL GÜEMES • SALTA

•

Superficie Total: 183,429 Hectáreas

Superficie Total de Lotes a la Venta: 37,7178 Hectáreas

Beneficios Otorgados (Resolución 8/2011 - VISTO el Expediente N° S01:0401292/2011 del Registro del MINISTERIO DE INDUSTRIA): Que conforme con lo dispuesto por el Artículo 6° del Anexo al Decreto N° 915/10, los Municipios y/o Provincias donde se encuentren radicados los Parques Industriales Públicos que cumplan con el procedimiento y requisitos impuestos por el Programa podrán acceder a Aportes No Reintegrables (ANRs) otorgados por el ESTADO NACIONAL para el financiamiento de obras de infraestructura intramuros.

Que el Artículo 4° del Anexo al Decreto N° 915/10 estableció en PESOS TREINTA MILLONES (\$ 30.000.000) el límite máximo de Aportes No Reintegrables (ANRs) a otorgar en el marco del Programa Nacional, mientras que su Artículo 5° fijó un monto de hasta PESOS TRESCIENTOS MIL (\$ 300.000) por solicitud.

Que para acceder a este beneficio, el Parque Industrial solicitante debe estar inscripto previamente en el Registro Nacional de Parques Industriales (RENPI) actuante en el ámbito de la UNIDAD DE DESARROLLO INDUSTRIAL LOCAL (UDIL) del MINISTERIO DE INDUSTRIA, creado por el Artículo 2° del Decreto N° 915/10 y aportar como mínimo y en concepto de contrapartida local, recursos adicionales equivalentes al TREINTA Y CINCO POR CIENTO (35%) del monto del subsidio petitionado al aporte solicitado.

Que a fojas 66 del expediente citado en el Visto, la Provincia de SALTA solicita un Aporte No Reintegrable (ANR) por la suma de PESOS DOSCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL CIENTO CUARENTA Y NUEVE CON DOCE CENTAVOS (\$ 298.149,12) con el objeto de realizar la obra intramuros correspondiente a la pavimentación parcial de la calle interna de ingreso al PARQUE INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE GENERAL GÜEMES.

Que el presupuesto presentado por la Provincia mencionada en el considerando precedente, obrante a fojas 65, totaliza la suma de PESOS CUATROCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y DOS CON CINCUENTA CENTAVOS (\$ 459.742,50), comprometiéndose la Provincia a aportar recursos adicionales, en concepto de contrapartida local, por la suma de PESOS CIENTO SESENTA Y UN MIL QUINIENTOS NOVENTA Y TRES CON TREINTA Y OCHO CENTAVOS (\$ 161.593,38) de conformidad con lo normado por el Artículo 7º del Anexo al Decreto Nº 915/10.

Que conforme surge del proyecto presentado, la obra a la que se destinará el Aporte No Reintegrable (ANR) tendrá un impacto positivo, en tanto permitirá el acceso diferenciado para vehículos pesados y livianos al PARQUE INDUSTRIAL DE LA CIUDAD DE GENERAL GÜEMES.

#### Infraestructura y Equipamientos

- Agua Potable
- Alumbrado público
- Áreas Verdes
- Calles Internas
- Cerramiento Perimetral



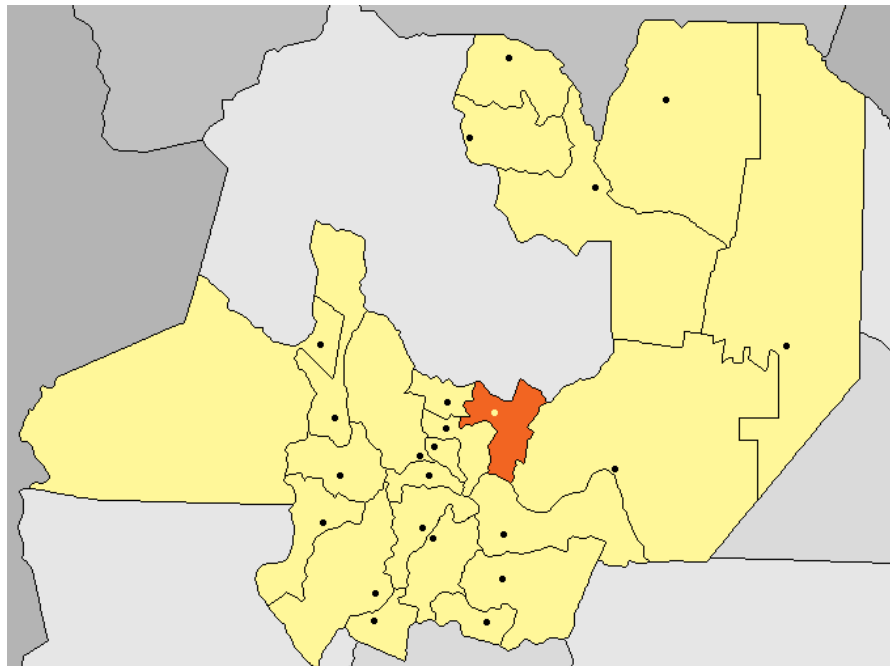
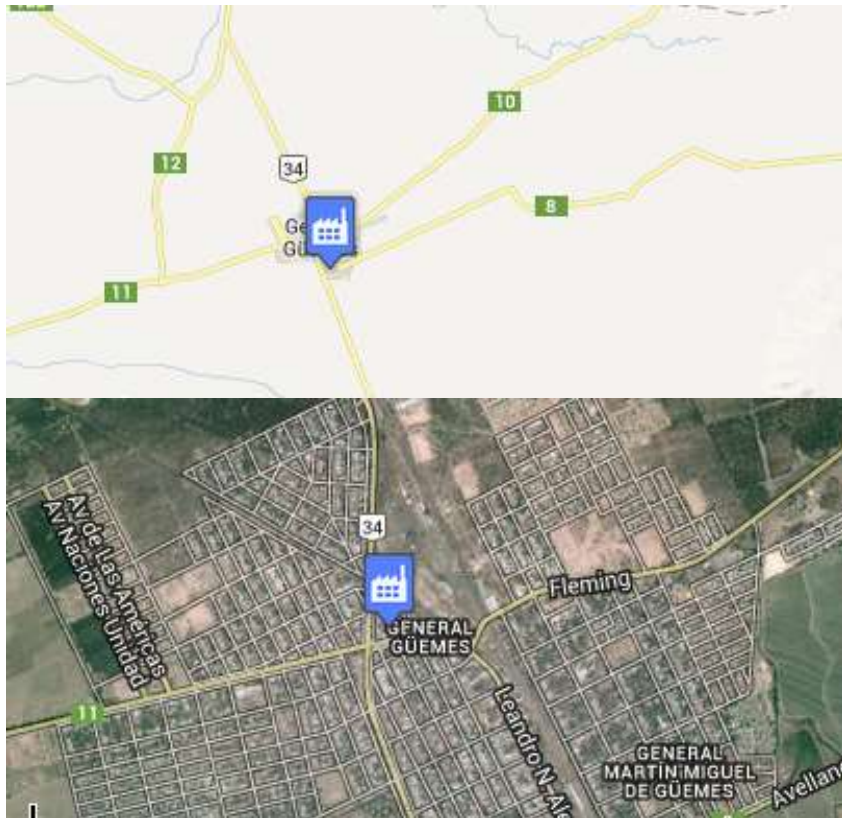
- Correos
- Energía Eléctrica
- Planta de Tratamiento de Agua
- Estacionamiento p/automóviles
- Estacionamiento p/camiones
- Internet
- Oficinas Administrativas
- Red de Gas
- Teléfonos
- Transporte Urbano

#### Empresas en operación

Telefónica de Argentina S.A.

- AGRO INDUSTRIA LA SIERRA S.A
- REFINERIAS DEL NORTE S.A
- SALTA PETROL SRL
- Combustibles del Norte S.A.
- Petroandina S.R.L.
- FRIGORIFICO NORTE GRANDE S.A
- PRODUCTOS ALIMENTICIOS SOFIA S.A

- MOR LUCIO DANIEL -AGRO INDUSTRIA ANDINA
- ALIMAR S.A



✓ **Departamento Rinconada- (Jujuy- Ciudad Rinconada)**



**Factores relevantes**

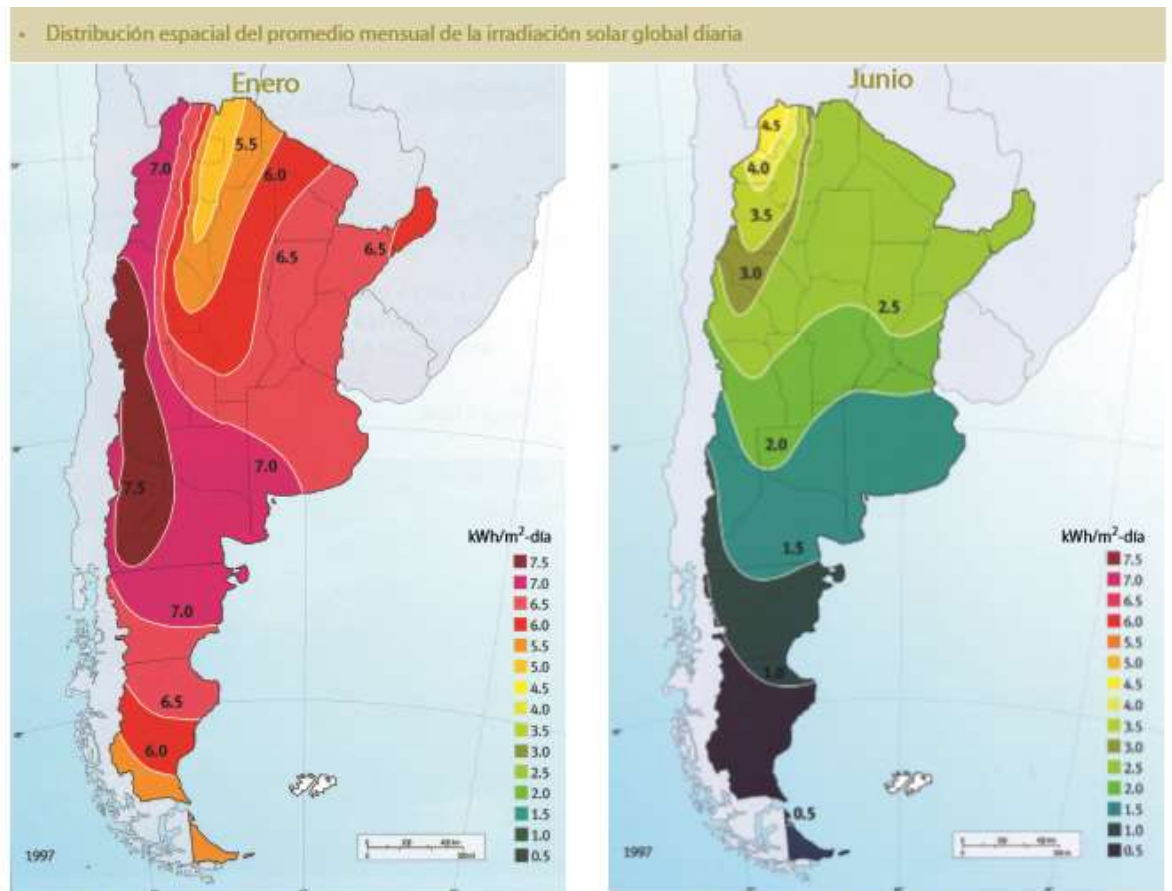
**Captación de Energía Solar**

Consideramos a este factor como uno de los más importantes ya que limitará la localización de nuestra planta.

Se tiene un razonable conocimiento de la energía solar disponible y de su distribución geográfica aunque hay regiones del país que deberían ser estudiadas con mayor detalle, por lo que se requiere continuar la medición del recurso mejorando la cobertura espacial y la instrumentación utilizada, de todas maneras, se considera que las cartas existentes responden adecuadamente a los datos disponibles en argentina.

En los mapas siguientes, se presenta la distribución espacial del promedio de la irradiación solar global diaria correspondiente a los meses de enero y junio. La misma ha sido expresada en unidades convenientes para la conversión fotovoltaica, esto es, kWh /m<sup>2</sup>-día. Un análisis del atlas citado, indica que la distribución espacial

del promedio de la irradiación solar global diaria recibida en los diferentes meses del año, presenta una importante variabilidad temporal y espacial de los promedios mensuales. Solamente una pequeña franja del noroeste del país (parte occidental de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja y San Juan) presenta irradiación alta (superior 5 kWh/m<sup>2</sup>-día), con posibilidades de aprovechamiento en proyectos de potencia. Sin embargo gran parte de la superficie del país (sobre todo al norte del río Colorado) presenta irradiaciones que permitirían su aprovechamiento en proyectos de generación eléctrica de baja potencia y sobre todo en calentamiento de agua.

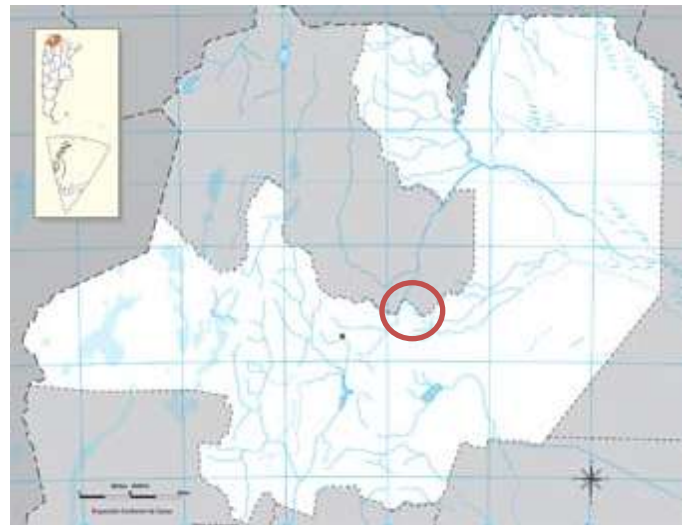


Fuente: H. Grossi Gallegos y R. Righini "Atlas de energía solar de la República Argentina". Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, mayo de 2007.

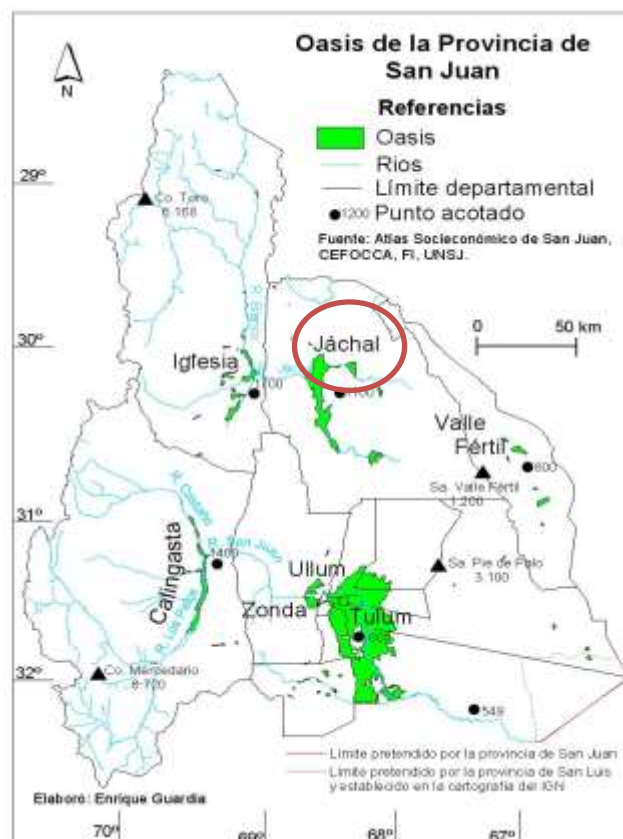
## Mapa hidrográfico

**SALTA:** se encuentra en cercanía el Río Mojoroto

El río Mojoroto es un curso de agua en la provincia de Salta, Argentina. Es límite natural norte de la Municipalidad de la ciudad de Salta, la capital provincial; pasa a pocos cientos de metros de la Universidad Nacional de Salta. Su cuenca hidrográfica es de 835 km<sup>2</sup>, y es parte de la cuenca superior del río Bermejo.



**SAN JUAN:**



## JUJUY:

Según referencias del INTA (Paoli, H.; Mosciaro, J.; Elena, H.; Ledesma, F.; Noé Y. “Caracterización de las Cuencas Hídricas de Salta y Jujuy”. INTA), el recurso hídrico superficial en las Provincias de Salta y Jujuy, en general, posee una distribución espacial irregular, además de estar fuertemente afectado por una deficiente y desfavorable distribución temporal. Los ríos presentan un estiaje largo y pronunciado en contraposición a los períodos estivales que poseen alta concentración de volúmenes de agua. A río no regulado, el período de estiaje abarca desde mediados de agosto hasta fines de noviembre. Aproximadamente el 20 % del volumen anual escurre en el período mayo – noviembre; mientras que el 80 % restante es aportado en el intervalo de diciembre - abril, en coincidencia con la ocurrencia de las precipitaciones.

De esa manera, la mayor parte del agua disponible resulta parcialmente aprovechable para riego y/u otros usos, a menos que se construyan obras que regulen los caudales surgidos en épocas de crecidas. Paralelamente, las condiciones de inestabilidad de suelos, las fuertes pendientes e intensidad de precipitaciones, son factores que favorecen el transporte de sedimentos hacia las obras de infraestructura hidráulicas, viales y zonas productivas, lo que obliga a revisar y replantear antiguos proyectos hidráulicos y a buscar nuevas alternativas de aprovechamiento con emplazamientos de obras de infraestructura capaces de mitigar el impacto que han ocasionado hasta el presente.

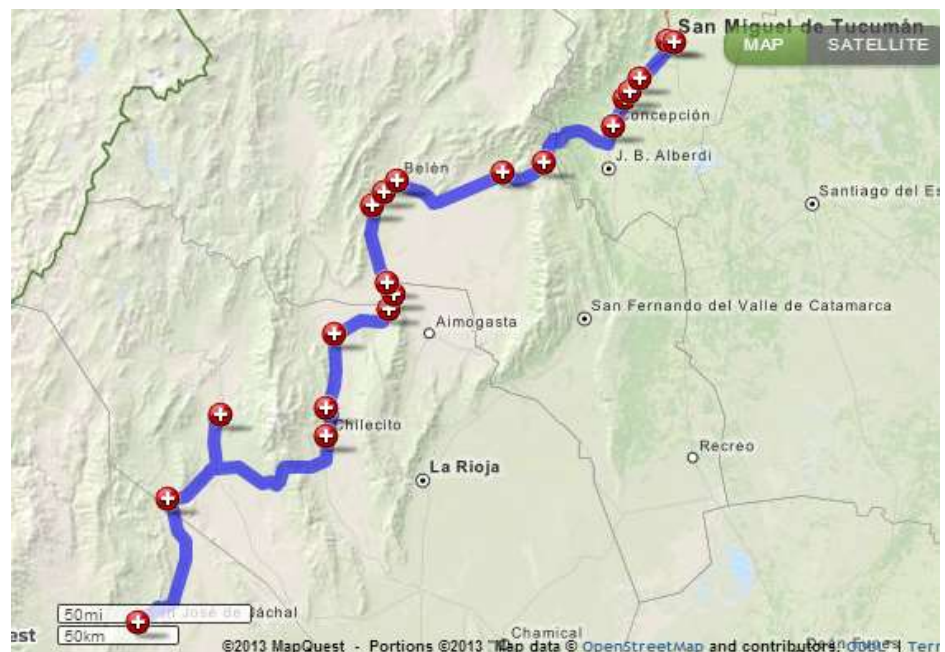


## Subproducto: Plantas de Oxígeno medicinal

Teniendo en cuenta que se van a producir simultáneamente  $0,5 \text{ Nm}^3 \text{ O}_2$  de alta calidad especialmente apto para Oxígeno medicinal que resulta un subproducto de buen aprovechamiento económico.

Se encuentra en cercanías en la provincia de Tucumán, la empresa Linde, sucursal de Tucumán ubicada en Banda del Río Salí - Ruta Prov. N° 306, Km 1, a las siguientes distancias de los parques o polos industriales:

- A 748km del parque industrial de Jáchal.



- A 281km del Parque Industrial De La Ciudad De General Güemes.



- A 676 km del departamento Rinconada.

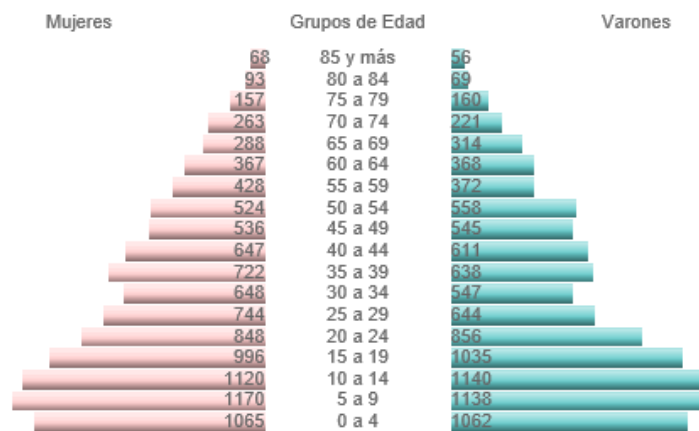




## Mano de Obra:

- Jáchal: Según el censo del INDEC 2001 su población era de 21.018 habitantes.

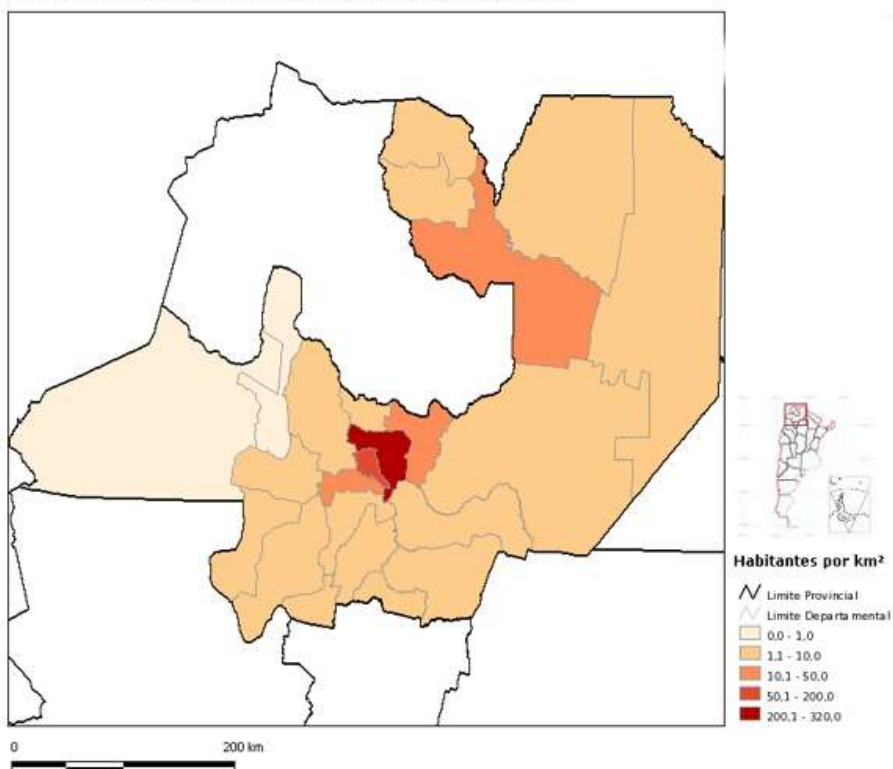
### POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD



Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas

- General Güemes: Contaba con 47.348 habitantes, según el Censo 2010 (INDEC). En cuanto a estudios superiores, la principal institución de la ciudad es el Instituto de Enseñanza Superior N° 6.017 "Prof. Amadeo Rodolfo Sirolli", que ofrece varias carreras humanistas y técnicas, y al que acuden estudiantes de todo el departamento e incluso del sur de Jujuy. Existe también un centro de tutorías de la Universidad Católica de Salta.

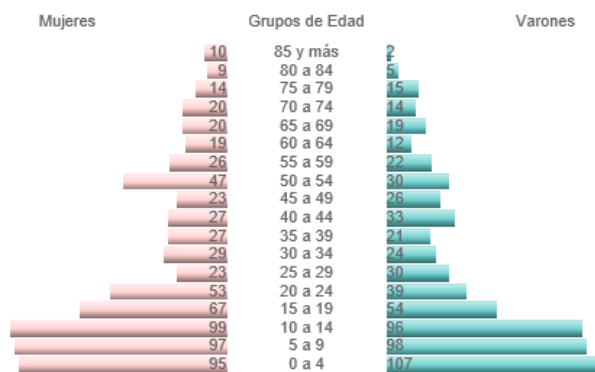
Provincia de Salta por departamento. Densidad de población. Año 2010.



Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

- Rinconada: Según el censo del INDEC 2010 su población era de 2.489 habitantes.

**POBLACIÓN POR GRUPOS DE EDAD**



Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas

**Método Cualitativo por Puntos**

	<b><u>Parque Industrial Jáchal</u></b>		
<b>FACTOR RELEVANTE</b>	<b>PESO ASIGNADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>
<b>Captación de Energía Solar</b>	0,14	7	0,98
<b>Transporte de Hidrógeno</b>	0,30	4	1,20
<b>Beneficio Fiscal</b>	0,16	6	0,96
<b>Agua</b>	0,25	8	2,00
<b>Mano de obra disponible</b>	0,10	5	0,50
<b>Plantas de Oxígeno medicinal (Subproducto)</b>	0,05	5	0,25
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>5,89</b>

	<b><u>Parque Industrial De La Ciudad De General Güemes</u></b>		
<b>FACTOR RELEVANTE</b>	<b>PESO ASIGNADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>
<b>Captación de Energía Solar</b>	0,14	7	0,98
<b>Transporte de Hidrógeno</b>	0,30	8	2,40
<b>Beneficio Fiscal</b>	0,16	5	0,80
<b>Agua</b>	0,25	7	1,75

<b>Mano de obra disponible</b>	0,10	8	0,80
<b>Plantas de Oxígeno medicinal (Subproducto)</b>	0,05	7	0,35
<b>TOTAL</b>	1		7,08

<b>Departamento Rinconada</b>			
<b>FACTOR RELEVANTE</b>	<b>PESO ASIGNADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>
<b>Captación de Energía Solar</b>	0,14	8	1,12
<b>Transporte de Hidrógeno</b>	0,30	4	1,20
<b>Beneficio Fiscal</b>	0,16	4	0,64
<b>Agua</b>	0,25	6	1,50
<b>Mano de obra disponible</b>	0,10	4	0,40
<b>Plantas de Oxígeno medicinal (Subproducto)</b>	0,05	5	0,25
<b>TOTAL</b>	1		5,11

### **Conclusión sobre la localización óptima de la planta**

La localización óptima de acuerdo al Método por Puntos resultó ser el Parque Industrial General Güemes ubicado en la Provincia de Salta.

Suponiendo que se abra el mercado del GNC + H<sub>2</sub>, y teniendo en cuenta que se abastecerá la demanda de diferentes empresas, que en la actualidad se encuentra produciendo GNC, son las siguientes:

- REFINERIAS DEL NORTE S.A
- SALTA PETROL SRL
- COMBUSTIBLES DEL NORTE S.A.

### **Microlocalización**

Teniendo en cuenta que la localización de la planta será en el Parque Industrial General Güemes, una microlocalización se realizará en base al área necesaria de nuestra planta.

Basándonos en la Planta Experimental de Hidrógeno de Pico Truncado, en un predio de dos hectáreas y una superficie cubierta de 800 m<sup>2</sup>, ubicada en la provincia de Santa Cruz.

En las obras de infraestructura se deberá contemplar un lugar adicional para ubicar los paneles solares. El área total requerida adicional será de 15 ha.

Teniendo en cuenta futuras ampliaciones convendría contar con una superficie total de 17 hectáreas para nuestro proyecto.

Debido a que el Parque Industrial General Güemes posee unas 183,429 ha en total y sólo 37,7178 ha están desocupadas, contamos con la superficie suficiente para la instalación de nuestra planta generadora de Energía Eléctrica a partir de biomasa forestal.



## **Determinación del Tamaño Óptimo de la Planta**

Para determinar el tamaño óptimo de nuestra Planta de Hidrógeno, nos basaremos en las relaciones recíprocas entre el tamaño y la demanda, la disponibilidad de las materias primas, tecnología y equipos.

Para producir 7500 Tn H<sub>2</sub> /año, normalmente, se necesitan para electrolizar unos 5,0 kW/ Nm<sup>3</sup> GH + 0,91 Litros de agua tratada/ Nm<sup>3</sup> gas Hidrógeno.

Basándonos en el libro de “El Hidrógeno y la energía” de los Autores: José Ignacio Linares Hurtado Beatriz Yolanda Moratilla Soria, obtenemos los siguientes datos:

Densidad del H<sub>2</sub> : 0,0899 kg/Nm<sup>3</sup> (gas)

1 mol de H<sub>2</sub> = 0,0222 Nm<sup>3</sup> de H<sub>2</sub> = 2. 10<sup>-6</sup> Tn de H<sub>2</sub>

Al producir 7500 Tn H<sub>2</sub>/año, es decir, 8325000 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/año, y teniendo en cuenta que el electrolizador que utilizaremos produce 1,2 Nm<sup>3</sup> de H con 5,2 KW, nuestra planta necesitaría una producción de energía igual a 36075000 KW/Año (98835616 W/día).

Como nuestro proyecto es en Salta, la empresa Goodenergy, nos recomendó utilizar un factor de producción de 5, es decir a la potencia nominal de los paneles se la debe multiplicar por 5, y eso será la producción diaria en Watts que se va a producir.

Consultando a distintas empresa llegamos a los siguientes datos:

- Goodenergy: panel solar fotovoltaico 85W \* 5 = 425 W/día
- Enertik: Panel solar fotovoltaico 230W \* 5 = 1150 W/día
- Sungreen : panel solar fotovoltaico 230W \* 5= 1150 W/día

La planta trabajará durante 24hs o sea que la planta (salvo imprevistos) podrá trabajar unos 360 días al año. Este nivel de generación necesita ser cubierto por tres

turnos de 8 horas cada uno, se obtienen así 29 puestos de trabajo, 8 operarios, 2 administrativos, 4 seguridad, 1 medico, 1 gerente, 1 mantenimiento, 8 analistas de laboratorio y 4 supervisores. Nuestra planta consume:

- Electrolizador 98835,61 KW/día
- Convertidor AD/DC 6 KW/día
- Compresor 945 KW/día
- Bomba 21 KW/día
- Instalaciones eléctrica para el funcionamiento de la Planta 5 KW/día

Se utilizará en total 100757 KW/día (100757616W/día), concluimos que utilizaremos los paneles solares de la empresa ENERTIK, ya que usando 87600 paneles solares fotovoltaico de 230W abasteceremos la demanda de H<sub>2</sub> y a nuestra planta. Cabe destacar se seleccionó los paneles solares de la empresa ENERTIK debido a los costos del mismo (por catálogo USD 848 + IVA en abril 2016).

Teniendo en cuenta, ficha técnica que se adjunta a bajo, 1,65 m \*0,992 m = 1,6368 m<sup>2</sup>, siendo 87600 paneles, ocuparían 143383,68 m<sup>2</sup>, por lo tanto si 1 ha= 10000m<sup>2</sup>, se calcula 15 ha, de espacio adicional a las 800 m<sup>2</sup> de la planta.



Ficha técnica de paneles solares fotovoltaicos ENERTIK 2013

ESPECIFICACIONES						
Modelo	PS-10	PS-30	PS-50	PS-80	PS-120	PS-230
<b>Especificaciones eléctricas</b>						
Potencia máxima (Pmax)	10W	30W	50W	80W	120W	230W
Voltaje nominal (Vmp)	16.8V	17.2V	16.8V	17.2V	17.2V	30.5V
Corriente (Imp)	0.60A	1.74A	2.98A	4.65A	6.97A	7.55A
Tensión en circuito abierto (Voc)	21.2V	21.6V	21.7V	21.9V	21.1V	36.8V
Corriente en cortocircuito (Isc)	0.63A	2.05A	3.26A	5.07A	7.75A	7.57A
Tensión máxima	1000V (IEC) / 600V (UL)					
Serie máxima del fusible	10A					
<b>Especificaciones físicas</b>						
Celda solar	Silicio policristalino					
Dimensiones (mm)	342x345x28	763x345x28	529x657x28	1005x676x35	1482x676x35	1650x992x46
Peso neto (Kgs)	1.5	3.2	4.5	8.5	12	21
<b>Especificaciones de temperatura</b>						
Condiciones de temperatura nominal	-40°C a +85°C					
Temperatura (NOCT)	45°C ±2°C					
Coeficiente de temperatura de Pmax	-0.47% °C					
Coeficiente de temperatura de Voc	-0.38% °C					
Coeficiente de temperatura de Isc	+0.04% °C					
Coeficiente de temperatura de Vm	-0.38% °C					
Coeficiente de temperatura de Im	+0.04% °C					
<b>Garantía de performance</b>						
90% de la potencia	10 años					
80% de la potencia	25 años					

Es indispensable para nuestra planta 6.565.650 litros de agua, teniendo en cuenta que para 5 kW/ Nm<sup>3</sup> gas de Hidrógeno es necesario 0,91 Litros de agua, por lo tanto en nuestra planta se generan 36.075.000 KW/Año.

Teniendo en cuenta futuras ampliaciones convendría contar con una superficie total de 17 hectáreas para nuestro proyecto.

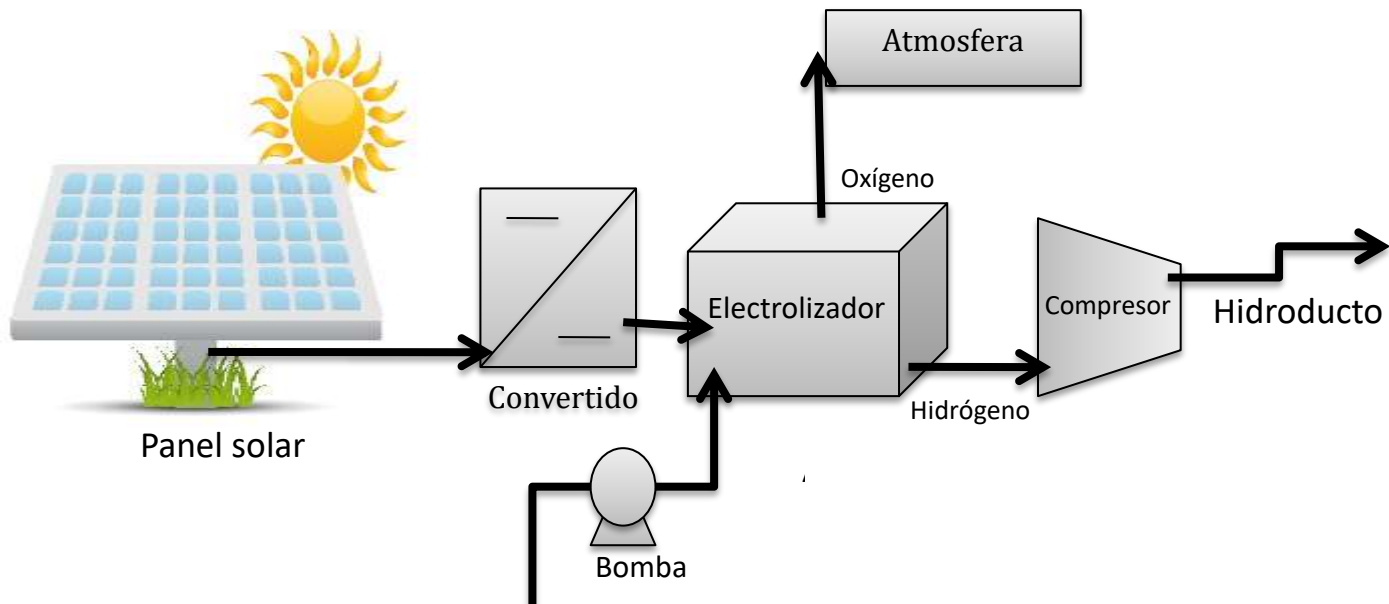
Siendo necesaria una inversión de USD 90.000.000, detallándose de la siguiente manera:

87600 paneles solares de 230W → USD 848 + IVA en abril 2016(10,5%) cada panel = USD 937,04 → USD 82.084.704 en total

Basándonos en el costo de la planta experimental de pico truncado USD 500.000 en el año 2005.

# Ingeniería del Proyecto

## Diagrama de bloque



## Proceso de generación de Hidrógeno Solar

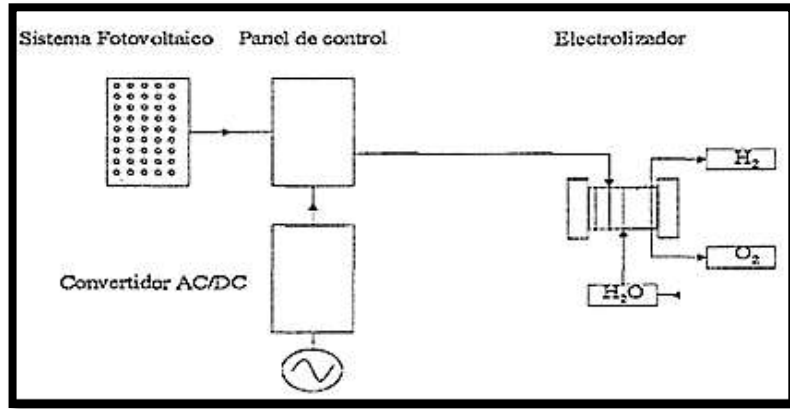
El punto de partida a la hora de definir la instalación fue el establecimiento de la potencia del equipo electrolítico, considerándose suficiente un electrolizador con una potencia máxima de 10 kW.

El estudio de mercado realizado puso de manifiesto la inexistencia de empresas y/o fabricantes nacionales dedicados a la construcción y/o comercialización de tales equipos por lo que se acudió a empresas del mercado europeo.

El diagrama muestra un esquema de principio de la planta de producción de hidrógeno electrolítico basado en energía solar fotovoltaica: la corriente continua producida en el sistema solar fotovoltaico alimenta, en modo de acoplamiento

directo, un electrolizador (en éste caso bipolar) donde se descompone el agua en hidrógeno y oxígeno que son liberados a los sistemas de almacenamiento adecuados.

**Diagrama de un proceso de generación de Hidrógeno solar:**



**Características generales de la planta piloto**

Sistema de Potencia:	Cada panel Fotovoltaico de 1150 kW/día en Salta
Electrolizador:	Convertidor AC/DC de 6 kVA Electrolizador alcalino de 5,2 kW
Sistema de Control:	Supervisión del proceso Supervisión pureza H <sub>2</sub>

**Características sistemas de la planta piloto**

Campo Fotovoltaico:	230W, en salta 1150W, 30,5V , 21Kg c/u 87600 módulos Enertik modelo PS-230
Electrolizador:	Electrolizador Alcalino (METKON) 5,2 kW a 108 A y 48 V Producción de H <sub>2</sub> : 1,2 Nm <sup>3</sup> /h Pureza H <sub>2</sub> producido: 99,7% ±0,1% peso Condiciones operación: 6 bar, 80°C, 30%KOH

## **Tratamiento de agua**

Las características técnicas de la planta instalada, definen unos parámetros de calidad del agua de alimentación al electrolizador, debiéndose cumplir unos determinados requerimientos en cuanto a PH, conductividad y contenido máximo de partículas en suspensión.

Dentro del parque industrial se encuentra como servicio una planta de tratamiento de agua.

## **Sistema solar fotovoltaico**

En esta sección abordaremos la descripción del sistema solar fotovoltaico para suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema de producción de hidrógeno.

Los paneles fotovoltaicos instalados son el modelo PS-230 fabricados y comercializados por ENERTIK S.A.



## **Elementos de un sistema fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en energía eléctrica. Teniendo en cuenta en el factor de conversión en la provincia de Salta es de 5.
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga , que controla la entrada y salida de corriente en el acumulador y su misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.

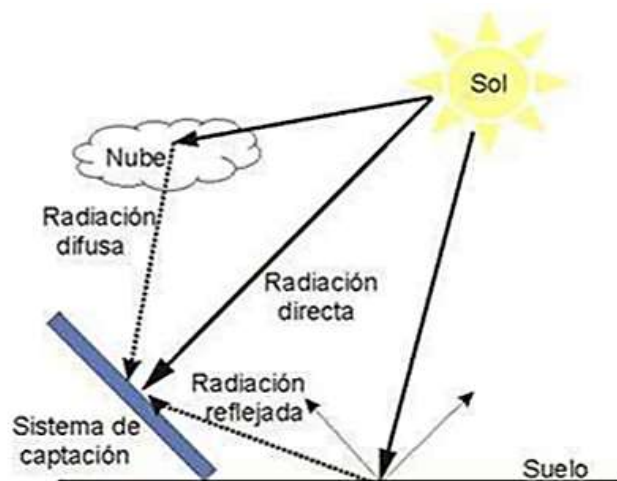


Ilustración de diferentes radiaciones procedentes del Sol

## Generación de Hidrógeno

El sistema utilizado es una unidad completamente automatizada para la generación de hidrógeno electrolítico a presión. Está constituida por tres elementos claramente diferenciados:

- Electrolizador
- Unidad de control
- Convertidor AC/DC
- Bomba
- Compresor

- Condensador

El sistema, a pesar de su tamaño, incluye la misma cantidad de componentes y controles que una unidad de generación de tamaño industrial.

#### **Stack electrolítico**

Tipo de Celdas.	Bipolares. Mod. ALYZER 0100
Número de celdas.	26
Superficie de electrodo por celda	600 cm <sup>2</sup>
Intensidad de corriente máxima	120 A
Activación de electrodos	Níquel Raney depositado
Materiales internos del stack	Níquel puro

#### **Presión máxima de operación**

6 bar

#### **Temperatura máxima de operación**

80 °C

#### **Calidad del Agua desmineralizada**

Conductividad Eléctrica máxima a 25°C	5µS/cm
Materia en suspensión máxima	2 mg/l.
PH	5-8

#### **Electrolito**

Tipo	Solución KOH 30% en peso
Capacidad	26 litros

#### **Convertidor AC/DC**

Suministro	380 V AC/50 Hz/ 3 Fases
Potencia	6 kVA

#### **Dimensiones**

Electrolizador	900*660*1800 (a) mm
Convertidor AC/DC	600*500*1700 (a) mm

---

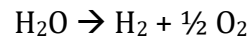
### **Características del sistema de generación**

#### **Electrolizador**

Es el elemento que por descomposición electrolítica del agua produce H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

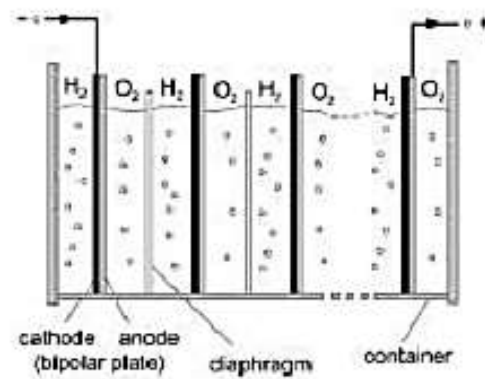
El Oxígeno producido, de gran pureza, es almacenado y puede tener uso medicinal.

El electrolizador es el núcleo del proceso y donde tiene lugar el proceso electrolítico, cuyo resultado neto es:



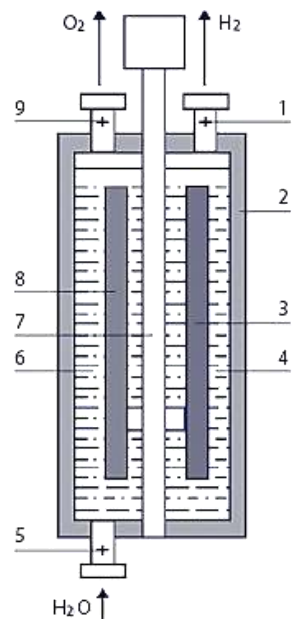
Físicamente el “stack” de un electrolizador consiste en varias celdas acopladas en serie.

Nuestro tipo es bipolar.



Ejemplo de celda elemental de H<sub>2</sub>:

1. Esquema de celda elemental.
2. Salida H<sub>2</sub>.
3. Marco de acrílico.
4. Cátodo.
5. Catolito.
6. Entrada de H<sub>2</sub>O.
7. Anolito.
8. Electrodo bipolar.
9. Ánodo.
10. Salida de O<sub>2</sub>.

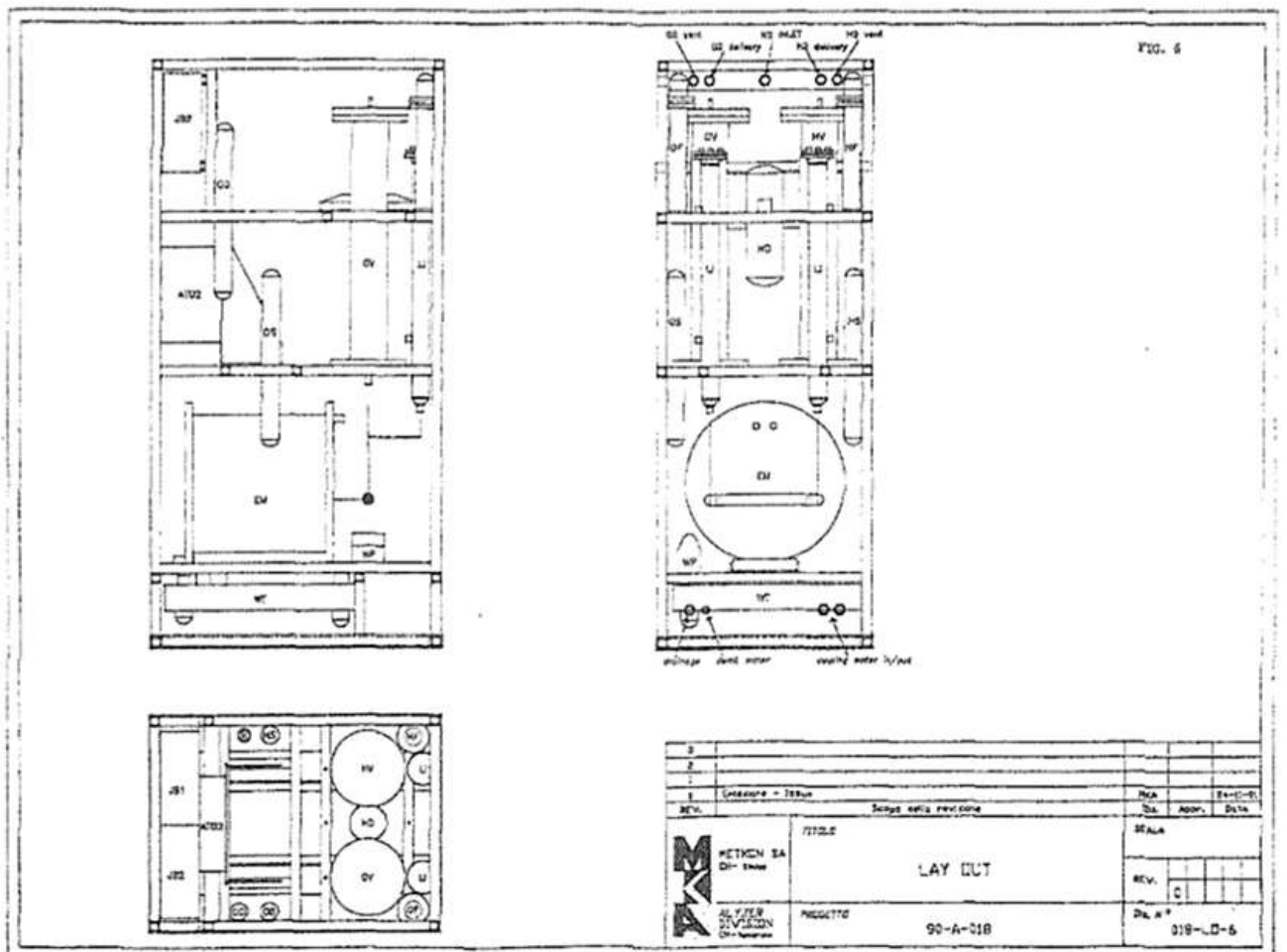


Esta reacción tiene lugar en el interior de celdas electrolíticas diseñadas y patentadas por METKON S.A.

Bajo la marca comercial de ALYZER (Metkon, 1992).

El agua desmineralizada consumida en el proceso electrolítico alimenta al electrolizador desde un depósito situado en la parte inferior del equipo. En la Figura ese muestra la disposición de los diversos equipos.

Figura: disposición elementos del electrolizador





El electrolizador (EM) está constituido por un apilamiento de celdas bipolares, conectadas en serie, entre dos conectores eléctricos. Todas las celdas, al estar conectadas en serie, están atravesadas por la misma intensidad de corriente (continua) y en cada compartimento anódico y catódico tienen lugar las reacciones electroquímicas indicadas anteriormente. Se utiliza una solución acuosa de KOH al 30% en peso para dotar al electrolito de la conductividad eléctrica adecuada a fin de optimizar el consume energético.

En la práctica se opera con disoluciones de KOH de concentración entre 25 y 30 % y a temperaturas de hasta 70°C. En general, los baños trabajan cerrados, pero existen instalaciones en las que los electrolizadores operan abiertos al aire, en cuyo caso se utiliza como electrolito NaOH en lugar de KOH.

El KOH no produce una masa densa en caso de error en el proceso Posee una pureza del 85% que es más que suficiente, es menos corrosiva que NaOH. El Inconvenientes es que es bastante más caro.

El electrolito circula a través del electrolizador por el movimiento natural inducido por la generación de hidrógeno y oxígeno en cada compartimento.

El agua desmineralizada consumida en el proceso electrolítico alimenta al electrolizador desde un depósito situado en la parte inferior del equipo (WT). El aporte de agua se realiza a través de una bomba (WP) situada sobre el depósito. Esta bomba se utiliza así mismo para proceder a la recarga de electrolito al sistema cuando sea necesario.

El hidrógeno y oxígeno generados en el electrolizador alcanzan, separadamente, los dos separadores HV y OV. Estos separadores realizan una doble función:

Separar los gases producidos del electrolito que fue arrastrado desde el electrolizador. El electrolito retoma al electrolizador por gravedad.

Controlar la temperatura del proceso. En el interior de éstos separadores se

encuentran ubicados unos serpentines de refrigeración para mantener la temperatura del proceso entre los márgenes recomendados (por debajo de 80°C).

Estos dos separadores se encuentran comunicados por la parte inferior de forma que las presiones de los compartimentos anódicos y catódicos es la misma. La igualación de presiones en los compartimentos es vital para garantizar la integridad mecánica de la membrana de separación entre: ánodo y cátodo.

Los gases, antes de salir de éstos separadores, son refrigerados a fin de disminuir el contenido en vapor de agua de los mismos.

Los sensores de nivel incorporados al sistema, permiten determinar cuándo el sistema de control necesita aportar agua de alimentación al proceso. Estos sensores de nivel evitan así mismo que se pueda producir una mezcla explosiva de hidrógeno y oxígeno por el conducto de comunicación de los dos separadores.

Desde los separadores, pasan los gases a los filtros de oxígeno e hidrógeno donde se produce la coalescencia de las gotas de electrolito que hayan podido llegar hasta allí.

Por la parte superior de los separadores de gases, pasa continuamente agua de refrigeración para disminuir la humedad relativa de los mismos.

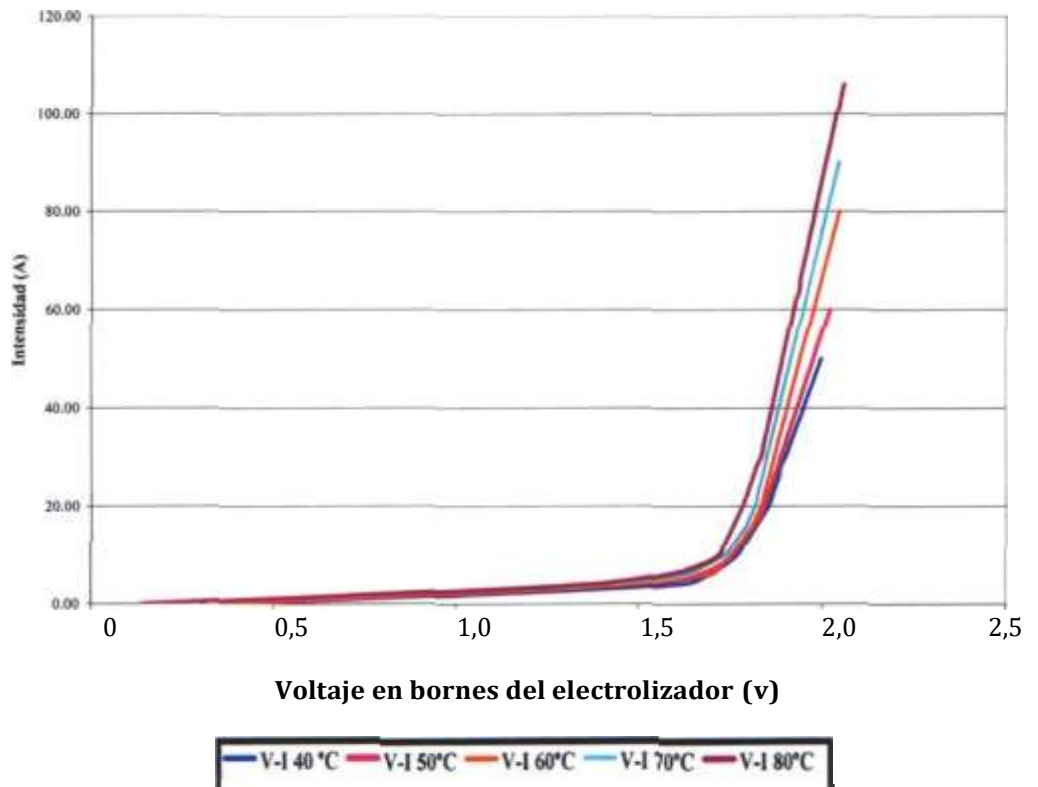
Por la parte inferior se produce la refrigeración del electrolito que retoma al electrolizador a fin de mantener la temperatura de operación por debajo de 80°C. El flujo de agua de refrigeración se establece automáticamente.

El sistema va equipado de analizadores de gases que garantizan la ausencia de mezclas explosivas que pudiesen comprometer la integridad física del sistema. Estos analizadores son supervisados por el sistema de control.

## Curvas características del electrolizador

El punto de funcionamiento del sistema vendrá definido por las curvas características del electrolizador y del sistema solar fotovoltaico. Para proceder a un correcto dimensionado de éste último es de vital importancia conocer las curvas características Voltaje-Intensidad del electrolizador. Estas son suministradas por el fabricante del electrolizador, tanto a nivel de celda como a nivel global del electrolizador. Las siguientes figuras muestran dichas curvas Intensidad-Voltaje para un rango de temperaturas comprendido entre 40° y 80°C.

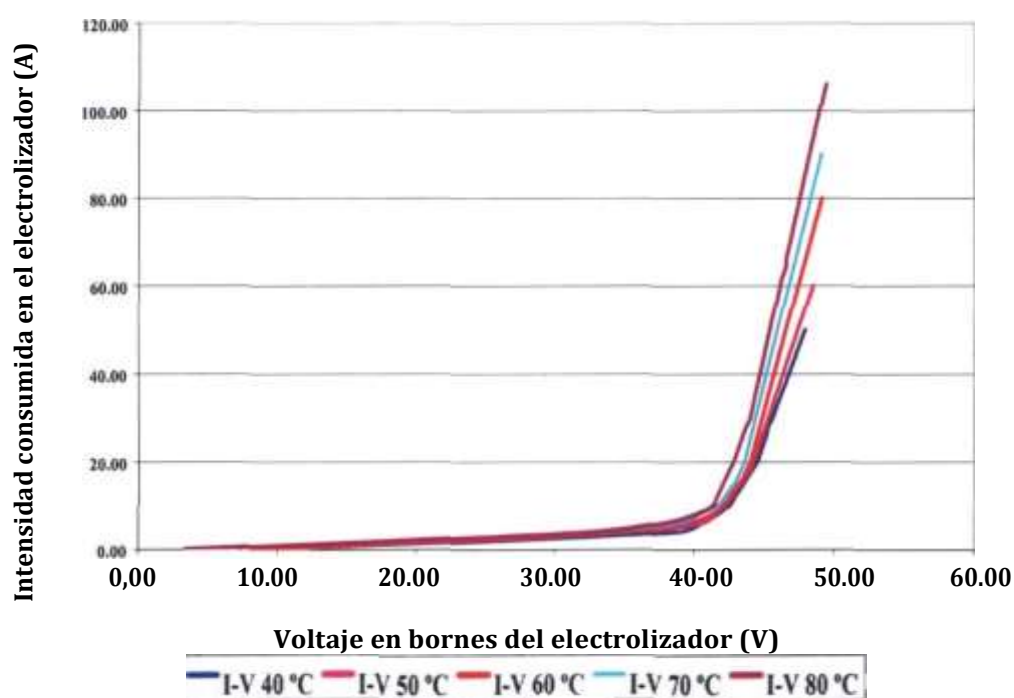
**Curva intensidad-Voltaje de Celda para diversos valores de temperatura del electrolito**



La Figura muestra las Curvas + Intensidad-Voltaje por celda para un rango de temperaturas del electrolito comprendidas entre 40 y 80 °C. Se

observa como al incremental la temperatura de operación, para el mismo voltaje de la celda, la intensidad que lo atraviesa (indicativa de la cantidad de hidrógeno generado) es mayor, (electrólisis desde un punto de vista energético, más eficiente). Se Observa así mismo que, como consecuencia de los sobrevoltajes existentes, se precisa un voltaje mínimo por celda de aproximadamente 1.75 voltios para que la generación de hidrógeno tenga lugar.

Curvas Características I-V del electrolizador a distintos niveles de temperaturas



La Figura muestra las Curvas I-V utilizadas para dimensionar el sistema solar fotovoltaico de forma que, en modo de acoplamiento directo, se obtenga un grado de acoplamiento óptimo entre ambos sistemas. La forma de la curva característica en la zona de generación de hidrógeno, por encima de 42 V, permite trabajar, a efectos de diseño de la topología del sistema solar fotovoltaico, como si dicha curva característica fuese una línea recta.

## Unidad de Control

La generación de hidrógeno se realiza bajo unas condiciones que son monitorizadas y controladas por el sistema de control. Las funciones del sistema de control son realizadas por un autómata programable localizado en el panel de control. Cuando una variable excede los valores prefijos se detectan y emite una señal de alarma y, si el sistema es capaz de restablecer automáticamente el valor de la variable a los límites preestablecidos continua la operación, en caso contrario, se procede a la inertización y parada del sistema. Las actuaciones del sistema del control se ejecutan a través de válvulas neumáticas.

## Convertidor AC/DC

El convertidor AC/DC proporciona una fuente de potencia alternativa para el funcionamiento del electrolizador. Dada la aleatoriedad de la radiación solar hubiese sido difícilmente funcionar en condiciones estacionarias con el sistema solar fotovoltaico.

El convertidor utilizado, cuyas características fueron expuestas en la tabla anteriormente mostrada, puede funcionar de dos modos:

- Ajuste automático de la intensidad en función del voltaje seleccionado.
- Polarizando el electrolizador para prevenir un deterioro del mismo durante períodos prolongados de no operación.

El sistema está equipado con protecciones contra altas temperaturas, sobrecargas, cortocircuitos y fases desequilibradas.

### Parámetros del convertidor AC/DC

Suministro	380 V AC/50 Hz/ 3 Fases
Potencia	6 kVA

## Bomba

La bomba es el modelo UC1516L bombas centrífugas horizontales, son bombas de una sola etapa con aspiración axial y descarga radial, fabricados y comercializados por Finish Thompson Inc. Nuestra bomba debe bombear 7575,75 ton de agua /año, es decir 0,8648 m<sup>3</sup>/hs.

### 1°) Cálculo del diámetro de la cañería:

Cálculo de los diámetros de cañería

A partir de una velocidad óptima de flujo calculada en base al caudal másico y densidad, se estima un diámetro y a partir de éste se selecciona un diámetro de cañería estándar a partir de tablas.

La velocidad óptima se calcula a partir de la siguiente ecuación, según McCabe:

$$\bar{V}_{opt} = 12 \frac{\dot{m}^{0,1}}{\rho^{0,36}} [m/hs]$$

Las unidades del flujo másico y de la densidad a colocar en la ecuación son:

$$\begin{aligned}\dot{m} [lb/s] &= 0,5284 \\ \rho [lb/pie^3] &= 62,42\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\bar{V}_{opt} = 12 \frac{0,5284^{0,1}}{62,42^{0,36}} = 2,51 \frac{pie}{s}$$

$$Q = v \cdot A$$

$$Q = \frac{v \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

$$\rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,008483 \text{ pie}^3/\text{s}}{2,51 \frac{\text{pie}}{\text{s}} \cdot \pi}} = 0,065 \text{ pie} \cong 0,0786 \text{ plg}$$

Por medio de tablas de cañerías estándar para cañería de acero inoxidable austenicos Aisi 304

Dnominal plg	Dext plg	Di plg	Espesor plg	Schedule
1/8	0.405	0.269	0.068	40

### 2º) Balance de energía mecánica total

El objetivo del balance de energía mecánica total es calcular el trabajo necesario para pasar del estado energético desde la planta de tratamiento (punto 1) y el electrolizador (punto 2). Dicha energía será entregada al fluido por una bomba ideal. Para ello se debe realizar un balance de energía mecánica en estos puntos y despejar el término de trabajo.

Los balances mencionados pueden expresarse en unidades del SI (en Joule/kg) o en altura de líquido (en m), siendo  $H=W/g$ .

$$W_{1-2} = g * (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Ev_{1-2}$$

Donde:

W: trabajo en m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> o Joule/kg

g: aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

P1: presión en el punto 1 en Pa

P2: presión en el punto 2 en Pa

$\rho$ : densidad del fluido en Kg/m<sup>3</sup>

Ev1-2: pérdidas por fricción en cañerías y accesorios en m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> o Joule/kg

### Cálculo de Ev1-2

El término que involucra la pérdida de energía por fricción en cañerías rectas y accesorios se define como:

$$Ev = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v \cdot f \cdot L}{D}$$

Donde:

v: velocidad en la cañería m/s

f: factor de fricción de Fanning

L: suma de los tramos rectos de cañería m

Le: longitud equivalente de accesorios

Rh: radio hidráulico (para cañerías Rh=D/4)

Cálculo de f

Calculo del número de Reynolds y el coeficiente f para tubos lisos según la correlación de Moody:

$$Re = \frac{\delta \cdot v \cdot Di}{\mu} = \frac{1000 \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,7650 \frac{m}{s} \cdot 0,0068326m}{0,001 \frac{kg}{m.s}}$$

$$Re = 5226.939 \rightarrow f = 0,01$$

- Determinación de la longitud de los tramos rectos

Se determina sumando todos los tramos rectos entre los puntos 1 y 2. Del isométrico de la bomba se calcula que:

$$L_{rectos} = 253 \text{ m}$$



- Determinación de la longitud equivalente:

La longitud equivalente se utiliza para determinar la pérdida de fricción debido a los accesorios (codos, Tes, válvulas, filtros, etc) que se encuentran entre los puntos 1 y 2 (ver isométrico):

Le del punto 1 a 2

Accesorios	Longitud Equivalente	Cantidad	Total
Codos 90°	2,13	3	6,39
Tee	4,572	2	5,144
Válvula Solenoide	21,33	2	42,66
Filtro de agua	7	1	7
Válvula de Retención	4,572	1	4,572
		Le (m)	65,766

Por lo tanto:

$$Le\text{-accesorios} = 65,766 \text{ m}$$

- Cálculo del radio hidráulico:

$$R_h = \frac{D}{4} = \frac{0,0068326}{4} = 0,00170815 \text{ m}$$

Con todos estos datos se puede calcular  $Ev_{1-2}$ :

$$Ev_{1-2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v^2 \cdot f L}{D}$$

$$\text{Donde } Rh = \frac{Di}{4}$$

$$\rightarrow Ev_{1-2} = (4Le + L) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f}{D}$$

$$Ev_{1-2} = (4 \cdot 65,766 + 253) \text{ m} \cdot \frac{0,5 \cdot (0,7650)^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot 0,01}{0,0068326 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned}
 Ev_{1-2} &= 221,0092 \frac{m^2}{s^2} \cdot 1000 \frac{Kg}{m^3} = 221009,2 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{Kgf}{9,8N} \\
 &= 22551,963 \frac{Kgf}{m^2}
 \end{aligned}$$

El trabajo necesario será:

$$W_{1-2} = g * (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + Ev_{1-2}$$

$$W_{1-2} = 9,8 * (0,9 - 0) + 0 + 221$$

$$W_{1-2} = 229 \frac{m^2}{s^2}$$

Dicha magnitud expresada en altura de líquido será:

$$H = \frac{W}{g}$$

$$H = \frac{229}{9,8}$$

$$H = 23,45 \text{ m}$$

3°) Balance de energía mecánica entre el punto 1 y el punto a (aspiración de la bomba)

Realizando un balance de energía mecánica entre el punto 1 y el punto a (aspiración de la bomba) se puede calcular la presión de aspiración de la bomba:

$$0 = g * (Z_a - Z_1) + \frac{P_a - P_1}{\rho} + Ev_{a-1}$$

Despejando la presión de aspiración de la bomba Pa:

$$P_a = P_1 - \rho * [g * (Z_a - Z_1) + Ev_{a-1}]$$

Donde:

P1 = presión en el punto 1

Za = 0 m (por ser el nivel de referencia el eje de la bomba)

Eva-1 son las pérdidas de fricción entre el punto 1 y a.

### Cálculo de Eva-1

$$Ev_{a-1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot 4 Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v^2 \cdot f L}{D}$$

- Determinación de la longitud de los tramos rectos

Se determina sumando todos los tramos rectos entre los puntos 1 y a. Del isométrico de la bomba se calcula que:

$$Lrecto_{a-1} = 251m$$

- Determinación de la longitud equivalente:

La longitud equivalente se utiliza para determinar la pérdida de fricción debido a los accesorios (codo 90°, una T, válvula esclusa y filtro) que se encuentran entre los puntos 1 y a (ver isométrico):

Accesorios	Longitud Equivalente	Cantidad	Total
Codos 90°	2,13	1	2,13
Tee	4,572	1	4,572
Válvula Solenoide	21,33	1	21,33
Filtro de agua	7	1	7
	Le (m)		35,032

Con todos estos datos se puede calcular  $E_{v_{a-1}}$ :

$$E_{v_{a-1}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v \cdot f L}{D}$$

$$E_{v_{a-1}} = (4Le + L) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f}{D}$$

$$E_{v_{a-1}} = (4 \cdot 35,032 + 251) m \cdot \frac{0,5 \cdot (0,7650)^2 \frac{m^2}{s^2} \cdot 0,01}{0,0068326 m}$$

$$\begin{aligned} E_{v_{a-1}} &= 167,5042 \frac{m^2}{s^2} \cdot 1000 \frac{Kg}{m^3} = 167504,23 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{Kg}{9,8N} \\ &= 17092,2686 \frac{Kg}{m^2} \end{aligned}$$

La presión de aspiración será:

$$P_a = P_1 - \rho * [g * (Z_a - Z_1) + E_{v_{a-1}}]$$

$$P_a = 598056 - 1000 * [9,8 * (0) + 167]$$

$$P_a = 431056 Pa$$

$$W_a = \frac{P_a}{\rho}$$

$$W_a = \frac{431056}{1000}$$

$$W_a = 431,056 \frac{m^2}{s^2}$$

$$H_a = \frac{W_a}{g}$$

$$H_a = \frac{431,056}{9,8}$$

$$H_a = 43,98m$$

4°) Balance de energía mecánica entre el punto b (descarga de la bomba) y el punto 2

Realizando un balance de energía mecánica entre el punto b y el punto 2, se puede calcular la presión de aspiración de la bomba:

$$0 = g * (Z_2 - Z_b) + \frac{P_2 - P_b}{\rho} + Ev_{2-b}$$

Despejando la presión de descarga de la bomba  $P_b$ :

$$P_b = P_1 + \rho * [g * (Z_2 - Z_b) + Ev_{2-b}]$$

Donde:

$P_2$  = presión en el punto 2

Zb = 0 m (por ser el nivel de referencia el eje de la bomba)

Ev2-b son las pérdidas de fricción entre el punto b y 2

### Cálculo de Ev2-b

$$Ev_{2-b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v \cdot f L}{D}$$

$$\text{Donde } Rh = \frac{Di}{4}$$

- Determinación de la longitud de los tramos rectos

Se determina sumando todos los tramos rectos entre los puntos b y 2. Del isométrico de la bomba se calcula que:

$$Lrecto_{2-b} = 2 \text{ m}$$

- Determinación de la longitud equivalente:

La longitud equivalente se utiliza para determinar la pérdida de fricción debido a los accesorios (codos 90°, tubo T, válvula esclusa, válvula de retención, válvula solenoide, filtro y serpentín del lavador de gases) que se encuentran entre los puntos b y 2 (ver isométrico):

Le Descarga (2 plg) en Accesorios

Accesorios	Longitud Equivalente	Cantidad	Total
Codos 90°	2,13	2	4,26
Tee	4,572	1	4,572
Válvula Solenoide	21,33	1	21,33
Válvula de Retención	4,572	1	4,572
		Le (m)	34,734

Con todos estos datos se puede calcular  $Ev_{2-b}$ :

$$Ev_{2-b} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f \cdot 4 \cdot Le}{Rh} + \frac{1}{2} \frac{v^2 \cdot f \cdot L}{D}$$

$$Ev_{2-b} = (4Le + L) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2 \cdot f}{D}$$

$$Ev_{2-b} = (4 \cdot 34,737 + 2)m \cdot \frac{0,5 \cdot (0,7650)^2 \frac{m^2}{s^2} \cdot 0,01}{0,0068326 m}$$

$$Ev_{2-b} = 60,3623 \frac{m^2}{s^2} \cdot 1000 \frac{Kg}{m^3} = 60362,3 \frac{N}{m^2} \cdot \frac{Kgf}{9,8N} = 6159,41 \frac{Kgf}{m^2}$$

La presión de descarga será:

$$P_b = P_2 + \rho * [g * (Z_2 - Z_b) + Ev_{2-b}]$$

$$P_b = 598056 Pa + 1000 * [9,8 * (0,9 - 0) + 60,3623]$$

$$P_b = 667238,3 Pa$$

$$W_b = \frac{P_b}{\rho}$$

$$W_b = \frac{667238,3}{1000}$$

$$W_b = 667,2383 \frac{m^2}{s^2}$$

$$H_b = \frac{W_b}{g}$$

$$H_b = \frac{667,2383}{9,8}$$

$$H_b = 68,085m$$

Finalmente con las presiones calculadas en la aspiración y descarga se calcula el trabajo de la bomba ideal:

$$W = \frac{P_b - P_a}{\rho}$$

$$W = \frac{667238 - 431056}{1000}$$

$$W = 236,182 \frac{m^2}{s^2}$$

$$H = 24,10 m$$

Como era de esperar, el trabajo y la altura de líquido calculada haciendo balances entre 1-a y b-2, es el mismo que el trabajo calculado cuando se realizó el balance global de energía mecánica en 1-2.

#### 5°) Cálculo de la potencia teórica:

$$P = \text{trabajo} \cdot \text{flujo másico}$$

$$P = W \cdot w$$

$$P = 236,182 \text{ [Joule/Kg]} \cdot 0,2402 \text{ [Kg/seg]}$$

$$P = 56,73 \text{ W} = 0,056 \text{ kW} = 0,076 \text{ HP}$$



## 6°) Cálculo de la altura neta positiva de aspiración (ANPA o NPSH)

### Cálculo del NPSH disponible

La altura neta positiva de aspiración (Net Positive Suction Head) es la presión por encima de la presión de vapor de líquido medida en el punto de succión. Para que una bomba opere adecuadamente es necesario que el líquido no vaporice dentro de la bomba o en la línea de succión ya que provocaría un desgaste prematuro del impulsor, a este fenómeno se lo conoce como cavitación.

El NPSH disponible es una característica del sistema de flujo y se calcula planteando un balance de energía mecánica entre la salida de la torre de enfriamiento y la brida de succión.

$$NPSH_{disp} = \Delta H + \frac{P_{succión}}{\rho g} - \frac{\hat{E}_v}{g} - \frac{P_{vap}}{\rho g}$$

$$NPSH_{disp} = 24,10 + \frac{431056 \frac{N}{m^2}}{1000 \frac{Kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{seg^2}} - \frac{221 \frac{J}{Kg}}{9,8 \frac{m}{s^2}} - \frac{31730.72 \frac{N}{m^2}}{1000 \frac{Kg}{m^3} * 9,8 \frac{m}{seg^2}}$$

$$NPSH_d = 42,29 \text{ m}$$

De manera práctica existen dos NPSH, el requerido y el disponible. El NPSH requerido es una característica de la bomba y es proporcionado por el proveedor. El NPSH disponible es una característica del sistema de flujo.

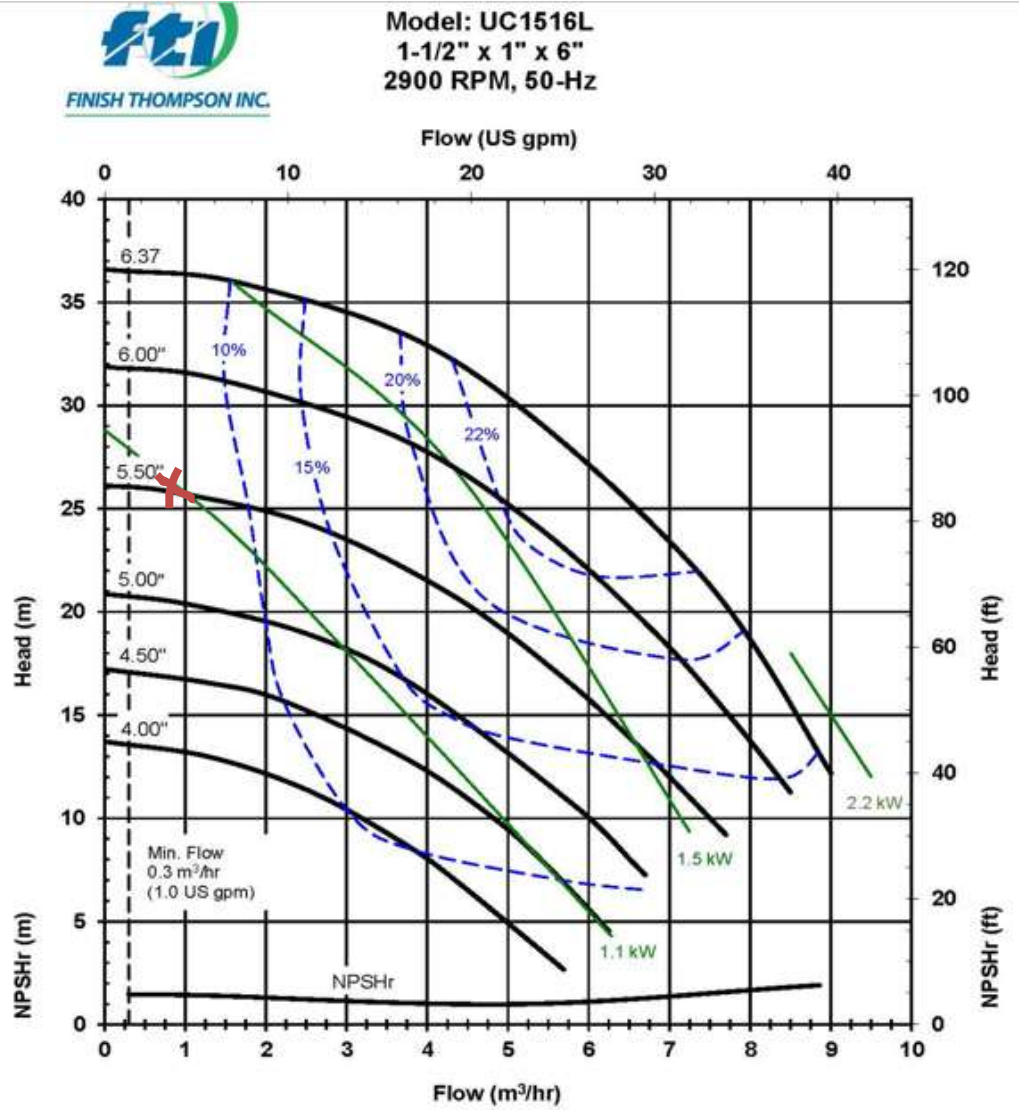
Para evitar la cavitación deberá cumplirse que:

$$NPSH_d > NPSH_r$$

## 7°) Especificación de la bomba a partir de curvas provistas por el fabricante

Con los cálculos realizados y con datos provistos por el fabricante se especificará la bomba a utilizar. El fabricante elegido es la firma Finish Thompson Inc (<http://www.finishthompson.com>).

Curva de la Bomba elegida:



De la última gráfica el NPSH requerido será:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} = 1,5 \text{ m}$$

Por lo tanto se cumple que:

$$42\text{m} > 1,5 \text{ m}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} > \text{NPSH}_{\text{requerido}}$$

En consecuencia no habrá cavitación.

De la misma gráfica, la potencia real de la bomba será:

$$P_{\text{real}} = 1.07 \text{ kW}$$

Por lo tanto la eficiencia de la bomba será:

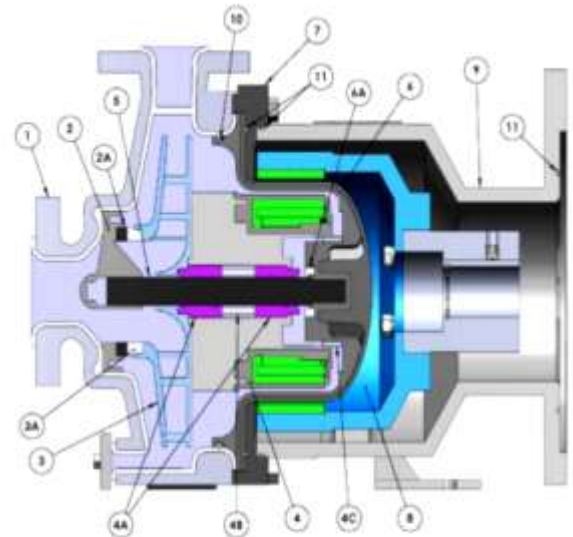
$$\eta = \left( \frac{P_{\text{ideal}}}{P_{\text{real}}} \right) * 100$$

$$\eta = \left( \frac{0,056 \text{ Kw}}{1,07 \text{ Kw}} \right) * 100$$

$$\eta = 5,2\%$$

## Datos obtenidos del proveedor

Item No.	Description	Construction
1	Casing	Cast ductile iron, DuPont Tefzel® (ETFE) lined
2	Shaft support	Carbon fiber filled ETFE
2A	Front thrust ring	Alpha sintered silicon carbide
3	Impeller	Carbon fiber filled ETFE
3A	Impeller thrust washer	Alpha sintered silicon carbide
4	Inner drive	Neodymium iron boron magnets encapsulated in ETFE
4A	Bushing	Alpha sintered silicon carbide, Dri-Coat silicon carbide, or carbon
4B	Bushing spacer	PTFE
4C	Rear sealing ring	GF molybdenum disulfide-filled PTFE
5	Shaft	Alpha sintered silicon carbide
6	Barrier	Molded carbon fiber filled ETFE liner with woven glass reinforced vinyl ester external shell
6A	Barrier thrust ring	High purity alumina ceramic
7	Clamp ring	Steel
8	Outer drive magnet	Nickel-plated neodymium iron boron magnets/steel
9	Motor adapter	Ductile iron
10	O-ring	FKM, EPDM, Kalrez®, Simriz®, or Atlas®
11	Vapor Protection O-Rings	Buna



Kalrez® is a registered trademark of DuPont Performance Elastomers  
 Simriz® Perfluoroelastomer is a registered trademark of Simriz® division of Freudenberg-NOK.  
 Atlas® is a trademark of the Asahi Glass Co., Ltd.  
 Fluoroelastomer is a registered trademark of Quadratec DSM Engineering Plastic Products.

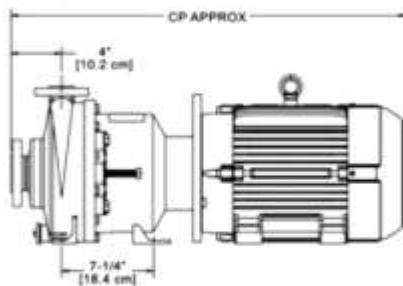
## SPECIFICATIONS

HP (kW)	Impeller Diameter	Suction	Discharge	Max. Flow 3500 rpm		Max. Head 3500 rpm		Max. Working Pressure psi (Bar)	Max. Viscosity cP	Max. Specific Gravity	Max. Temp. °F (°C)
	in (cm)	in (cm)	in (cm)	gpm	m <sup>3</sup> /hr	ft.	m				
3 - 20 (1.1 - 15.0)	4 - 6 3/8 (10.2 - 16.2)	1 1/2 (3.81)	1 (2.54)	41	9.3	180	55	175 (12)	200	1.8	250 (121)

Note: Impeller trim available every 1/8" (3.2 cm) between the smallest and largest diameters.

## DIMENSIONS

### SIDE VIEW



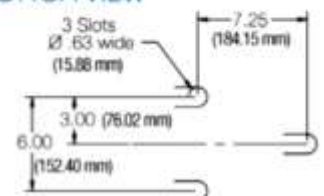
ANSI 150# & ISO/DIN PN20 flanges are in compliance with bolting dimensions only.

Motor Frames	CP (approx.)	
	(in)	(cm)
<b>NEMA</b>		
143-145TC	23-17/32	59.8
182/184TC	28-3/32	71.3
213/215TC	31-5/32	79.1
254/256TC	34-9/32	81.7
<b>IEC</b>		
90	23-19/32	59.9
100/112	25-1/32	63.6
132	31-3/32	79
160	34-27/32	88.5

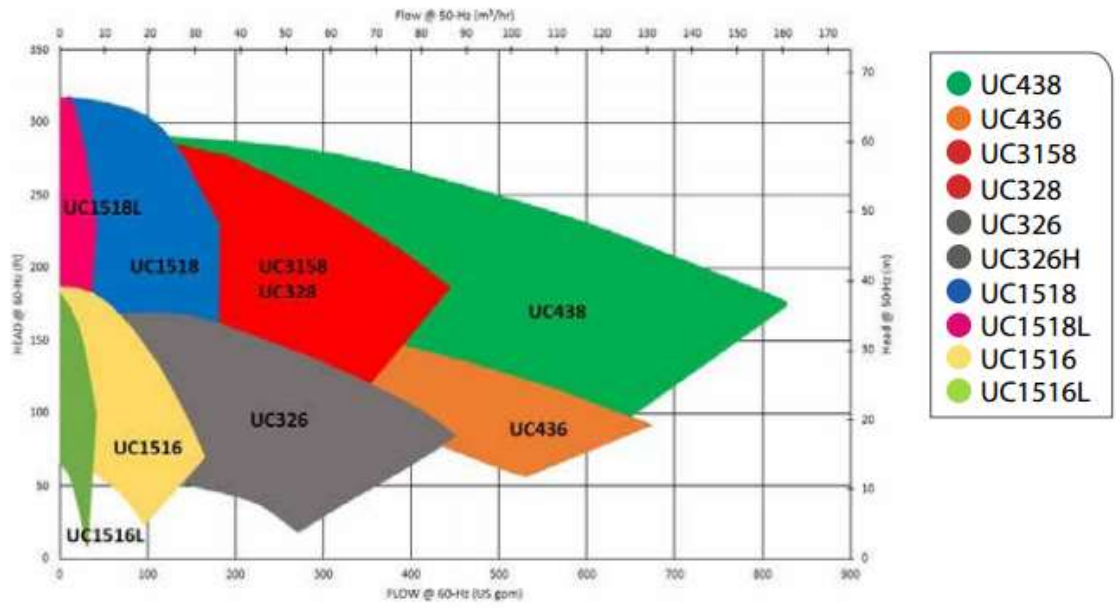
### FRONT VIEW



### BOTTOM VIEW



### UC COVERAGE CURVE 3500/2900 RPM



## Compresor

Teniendo en cuenta que el hidrógeno posee una presión de 6 bares y tenemos un caudal de 159,75 m<sup>3</sup>/min. Se eligió el Compresor de la serie TURBO-AIR de la corporación norteamericana CAMERON "CompressionSystem".

Los compresores centrífugos "Turbo Air" son fuentes modernas de aire sin contenido de aceite. Durante su fabricación se toman en consideración las necesidades del consumidor. El diseño mecánico, que es sencillo pero seguro, otorga una gran cantidad de ventajas. Combina los mejores rasgos de la tecnología aerodinámica para poder lograr una eficiencia energética óptima.

### Datos de diseño del compresor

Caudal	159,75 m <sup>3</sup> /min	
Presión de entrada	6 bar(abs)	
Presión de salida	11,5 bar (abs)	
Temperatura de entrada	70°C	
Relación de compresión	11,5/6	1,91
Número de etapas	3	
K	Cp/Cv (Calculado a 70°C)	1,4094
R	1,544 pie/(lbmol*°F) (constante de gases ideales)	

### Cálculo de la Altura Adiabática

$$H_{ad} = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

$$H_{ad} = 728,05 \text{ pie}$$

La potencia teórica es la requerida en la compresión adiabática de un gas entre un rango determinado de presiones. Es decir, es el trabajo efectivo de compresión realizado en el cilindro del compresor.

Puesto que el trabajo realizado en el gas es igual al producto de la carga y el peso del gas manejado, el caballaje de potencia adiabático es:

$$H_p = 0.00436 Q_1 P_1 \frac{k}{k-1} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

Donde:

$Q_1$  = velocidad de flujo en pie<sup>3</sup>/min

$P_1$  = presión absoluta de entrada en PSI

$$H_p = 13,97 Hp$$

La potencia al freno (BHP) es la potencia efectiva entregada en el eje del cigüeñal del motor de accionamiento del compresor, pero no incluye las pérdidas propias del accionamiento del motor; se calcula multiplicando la potencia teórica adiabática por factores de corrección:

$$BHP = Hp \cdot L_0 \cdot F_L \cdot Z_1$$

Donde:

$L_0$  = Factor de pérdidas del motor de accionamiento debidas a las caídas de presión por fricción. De gráfica:

$$L_0 = 1,34$$

$F_L$  = Pérdidas del bastidor solamente del motor de accionamiento del compresor. Valores comprendidos de  $1,0 < F_L < 1,05$

$Z_1$  = Factor de compresibilidad que se basa en las condiciones existentes en la aspiración del cilindro.

Se obtiene:

$$BHP = 18,71 Hp$$

La temperatura máxima que se alcanza en la compresión está vinculada a la  $R_c$  correspondiente a una transformación termodinámica adiabática:

$$T_s = T_e R_c^{\frac{k-1}{k}}$$

La temperatura de salida ( $T_s$ ) y de entrada a la etapa sucesiva ( $T_e$ ).

Para la 1° etapa:

$$T_s = 83,90 \text{ } ^\circ C$$

De acuerdo a los datos proporcionados al fabricante, se recomienda para un servicio de 24hrs el siguiente modelo de compresor.

#### Los componentes más avanzados del compresor, que se poseen en existencia

El compresor "Turbo Air" incluye los componentes internos que son únicos para el sector mencionado. Los excelentes rodamientos de engranajes están contruídos para un plazo de indefinido servicio y para funcionar con cualquier carga. Las empaquetaduras sin contacto, prácticamente indeseables del sistema de aire y de aceite no requieren de un tope para proveer de aire comprimido sin presencia de aceite. Las hélices de diseño mejorado combinan las mejores propiedades de las hélices sigma-radiales y de las hélices con pendientes inversas. Los difusores de hélice corresponden a las hélices de eficiencia incomparable. Y, por fin, los álabes



guías de entrada instalados junto a la hélice para poder lograr un efecto máximo de giro del flujo a la entrada de la rueda operativa.

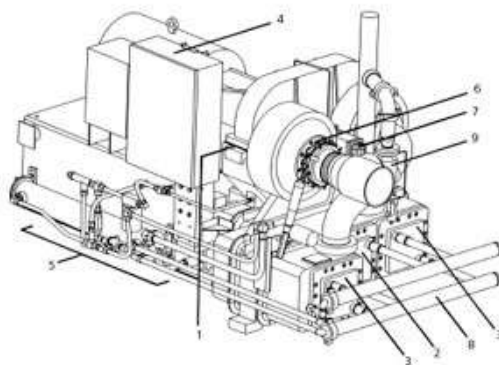
### Sistema de mando con microprocesadores Maestro

Un rasgo distintivo del diseño del conjunto del compresor es el sistema de mando con microprocesadores Maestro que realiza el monitoreo permanente de todas las funciones y la protección del sistema. El panel de mando está orientado al consumidor, la pantalla electrónica de cuatro líneas que muestra más de doscientas unidades de información con ayuda de un teclado sensorizado.

Existen varios métodos de mando que facilitan una eficiencia óptima para las tareas tecnológicas a resolver.

#### Particularidades del diseño:

Los rasgos característicos del diseño del compresor Turbo Air 3000 incluyen:



1. Caja de los accionamiento con desmonte horizontal
2. Termocambiador final empotrado
3. Termocambiadores intermedios empotrados
4. Panel de mando
5. Sistema autónomo de aceite
6. Aparato guía de entrada
7. Bomba principal de aceite con accionamiento desde la caja de los mandos
8. Colector instalado de agua

## 9. Válvula instalada de by-pass (por encargo)

Distribución estándar del flujo de aire:

01: Admisión del compresor

02: Cámara espiral del 1 escalón del compresor

03: Termocambiador intermedio del 1 escalón

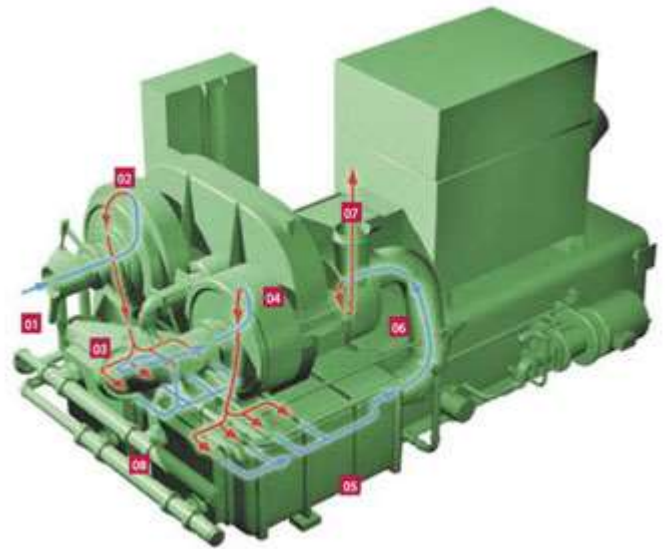
04: Cámara espiral del 2 escalón del compresor

05: Termocambiador intermedio del 2 escalón

06: Cámara espiral del 3 escalón del compresor

07: Salida del compresor

08: Colector de agua (no es obligatorio)






Los compresores centrífugos Cameron garantizan una distribución excepcional de los componentes del flujo de aire. Las ventajas de tal distribución son las siguientes:

El desplazamiento del aire es direccional, de manera que la fricción que causa la turbulencia es reducida

El aire se enfría después de cada escalón del compresor, lo que garantiza un alto rendimiento isotérmico

**Serie estándar de los modelos de los compresores de aire de la serie**  
**TURBO-AIR**


Modelo		Rango de rendimiento (recomendado) m <sup>3</sup> /min		Rango de la presión excesiva (recomendado), bar	Potencia nominal del motor, kW
		min	max		
<b>TA2020</b> 	250/100	23	61	4.0-7.0	186
	300/100	23	61	4.0-7.0	223
	350/100	23	61	4.0-7.0	261
	400/100	23	61	4.0-7.0	298
	250/125	21	56	4.0-9.0	186
	300/125	21	56	4.0-9.0	224
	400/125	21	56	4.0-9.0	298
<b>TA2000</b> 	125/55	13	47	2.8-4.2	99
	150/55	13	47	2.8-4.2	112
	175/55	13	47	2.8-4.2	131
	200/55	13	47	2.8-4.2	149
	250/55	13	47	2.8-4.2	186
	150/75	12	20	3.5-5.3	112
	175/80	12	25	3.5-5.5	131
	200/85	20	47	3.5-6.0	149
	250/85	20	47	3.5-6.0	186

	300/85	20	47	3.5-6.0	224
	125/100	17	47	4.0-7.0	94
	150/100	17	47	4.0-7.0	112
	175/100	17	47	4.0-7.0	131
	200/100	17	47	4.0-7.0	149
	250/100	17	47	4.0-7.0	186
	300/100	17	47	4.0-7.0	223
	150/125	11	48	4.0-9.0	112
	175/125	11	48	4.0-9.0	131
	200/125	11	48	4.0-9.0	149
	250/125	11	48	4.0-9.0	186
	300/125	11	48	4.0-9.0	224
	350/125	11	48	4.0-9.0	261
	150/150	10	47	6.0-11.5	112
	175/150	10	47	6.0-11.5	131
	200/150	10	47	6.0-11.5	149
	250/150	10	47	6.0-11.5	186
	300/150	10	47	6.0-11.5	224
	350/150	10	47	6.0-11.5	261
TA3000 	350/55	38	59	2.8-4.2	261
	400/55	56	75	2.8-4.2	298
	500/55	68	96	2.8-4.2	373
	600/55	77	105	2.8-4.2	448
	350/70	43	65	3.5-5.0	261
	400/70	49	75	3.5-5.0	298
	500/70	61	116	3.5-5.0	373

	600/70	61	116	3.5-5.0	448
	700/70	61	116	3.5-5.0	522
	400/80	46	116	3.5-5.0	298
	500/80	46	116	3.5-5.5	373
	600/80	46	116	3.5-5.5	448
	700/80	46	116	3.5-5.5	522
	400/100	48	104	4.0-7.0	298
	450/100	48	104	4.0-7.0	336
	500/100	48	104	4.0-7.0	373
	600/100	48	104	4.0-7.0	448
	700/100	48	104	4.0-7.0	522
	400/125	37	112	4.0-9.0	298
	450/125	37	112	4.0-9.0	336
	500/125	37	112	4.0-9.0	373
	600/125	37	112	4.0-9.0	448
	700/125	37	112	4.0-9.0	448
	800/125	137	112	4.0-9.0	597
	450/150	36	108	6.0-11.5	336
	500/150	36	108	6.0-11.5	373
	60/150	36	108	6.0-11.5	448
	700/150	35	108	6.0-11.5	522
	800/150	36	108	6.0-11.5	597
TA6000	700/55	83	240	2.8-4.2	522
	800/55	83	240	2.8-4,2	597
	900/55	83	240	2.8-4,2	671
	1000/55	83	240	2.8-4,2	746



1250/55	83	240	2.8-4,2	931
800/70	90	220	3.5-5.0	597
900/70	90	220	3.5-5.0	671
1000/70	90	220	3.5-5.0	746
1250/70	90	220	3.5-5.0	932
1700/70	90	220	3.5-5.0	1275
800/80	95	210	3.5-5.5	597
900/80	95	210	3.5-5.5	671
1000/80	95	210	3.5-5.5	746
1250/80	95	210	3.5-5.5	932
1700/80	95	210	3.5-5.5	1275
800/100	76	229	4.0-7.0	597
900/100	76	229	4.0-7.0	671
1000/100	76	229	4.0-7.0	746
1100/100	76	229	4.0-7.0	821
1250/100	76	229	4.0-7.0	932
1500/100	76	229	4.0-7.0	932
900/125	90	118	4.0-9.0	671
1000/125	95	230	4.0-9.0	746
1100/125	95	230	4.0-9.0	821
1250/125	95	230	4.0-9.0	932
1500/125	95	230	4.0-9.0	1119
1700/125	95	230	4.0-9.0	1275
1000/150	84	230	6.0-11.5	746
1100/150	84	230	6.0-11.5	821
<b>1250/150</b>	<b>84</b>	<b>230</b>	<b>6.0-11.5</b>	<b>932</b>

	1500/150	84	230	6.0-11.5	1125
	1700/150	84	230	6.0-11.5	1275
TA9000 	1250/55	156	260	2.8-4.2	932
	1300/55	156	260	2.8-4.2	975
	1400/55	156	260	2.8-4.2	1050
	1500/55	156	260	2.8-4.2	1125
	1625/55	156	260	2.8-4.2	1219
	1750/55	156	260	2.8-4.2	1312
	1875/55	156	260	2.8-4.2	1406
	1250/70	142	240	3.5-5.0	932
	1250/70	142	240	3.5-5.0	932
	1300/70	142	240	3.5-5.0	975
	1400/70	142	240	3.5-5.0	1050
	1500/70	142	240	3.5-5.0	1125
	1625/70	142	240	3.5-5.0	1219
	1750/70	142	240	3.5-5.0	1312
	1875/70	142	240	3.5-5.0	1406
	1250/80	131	182	3.5-5.5	932
	1300/80	131	182	3.5-5.5	975
	1400/80	131	182	3.5-5.5	1050
	1500/80	131	182	3.5-5.5	1125
	1625/80	131	182	3.5-5.5	1219
	1750/80	131	182	3.5-5.5	1312
	1875/80	131	182	3.5-5.5	1406
	1500/100	145	239	4.0-7.0	1125
1625/100	145	239	4.0-7.0	1219	

1750/100	145	239	4.0-7.0	1312
1875/100	145	239	4.0-7.0	1406
2000/100	145	239	4.0-7.0	1500
2125/100	145	239	4.0-7.0	1594
2250/100	145	239	4.0-7.0	1688
1500/125	135	228	4.0-9.0	1125
1625/125	135	228	4.0-9.0	1219
1750/125	135	228	4.0-9.0	1312
1875/125	135	228	4.0-9.0	1406
2000/125	135	228	4.0-9.0	1500
2125/125	135	228	4.0-9.0	1594
2250/125	135	228	4.0-9.0	1688
1500/150	111	212	6.0-11.5	1125
1625/150	111	212	6.0-11.5	1219
1750/150	111	212	6.0-11.5	1312
1875/150	111	212	6.0-11.5	1406
2000/150	111	212	6.0-11.5	1500
2125/150	111	212	6.0-11.5	1594
2250/150	111	212	6.0-11.5	1688

Notas:

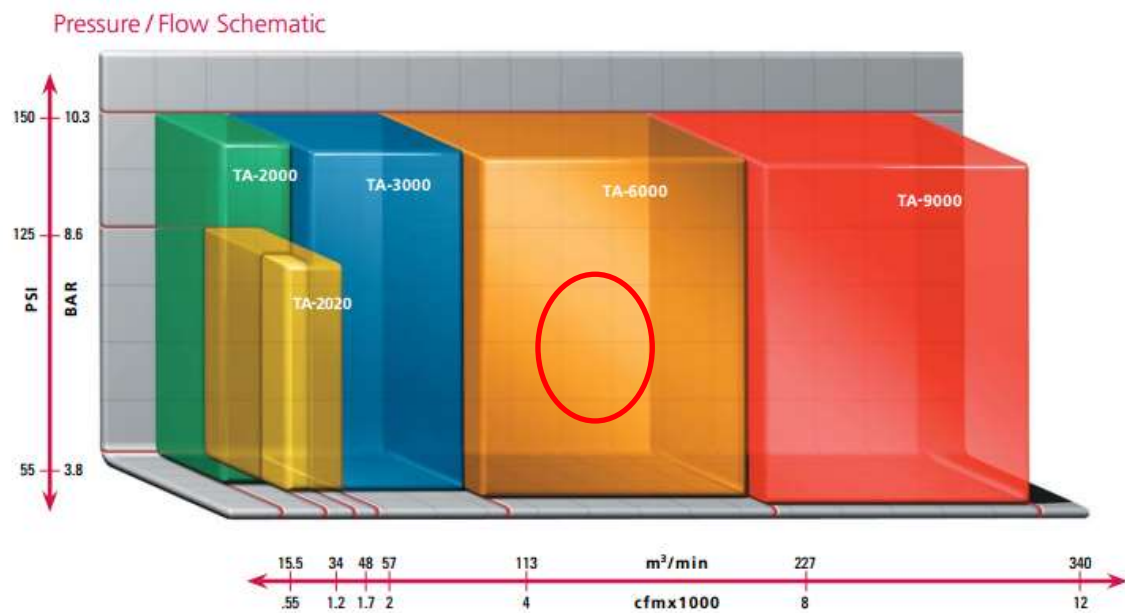
\* - En la marcación estándar del modelo del compresor se indican la potencia nominal del motor (en caballos de fuerza, 1 caballo de fuerza = 750 W) y la presión excesiva nominal (en libras por pulgada cuadrada, 1 bar = 14.7 libras/pulgada<sup>2</sup>). Los modelos menores de hasta 80 libras/pulgada<sup>2</sup> son biescalonados, los modelos de 100 libras/pulgada<sup>2</sup> y más son triescalonados, a excepción de los modelos de de la serie TA 2020.

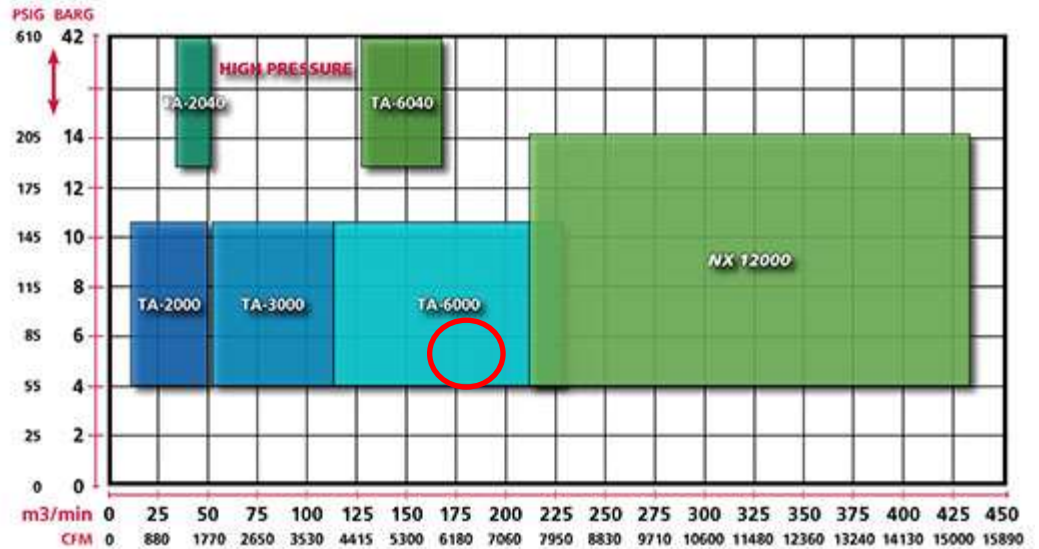


\*\* - El rango recomendado del rendimiento se muestra convencionalmente , es el segmento entre la línea de detención y pulsación (a la izquierda) y la curva máxima de impelencia (a la derecha), y depende del valor de la presión operativa y de las condiciones externas (parámetros del aire en la succión del compresor, condiciones de enfriamiento), así como también de las condiciones de la regulación.

\*\*\* - Cada compresor de los modelos de la serie estándar tiene su punto de diseño (design point) – en condiciones estándares. Pero el mismo puede funcionar tanto por encima, como por debajo de este punto (según la presión). Los límites recomendados de la aplicación del compresor que aparecen en la tabla son convencionales.

\*\*\*\* - La potencia nominal de cada compresor aparece convencionalmente mostrada para las condiciones estándares. En este caso, el motor de cada compresor estándar se selecciona considerando la reserva de potencia (normalmente la reserva de potencia es del 15 %).





Modelo seleccionado:

### **TURBO-AIR 6000:**

TURBO-AIR ® de Cameron 6000 fue construido sobre un bastidor estándar, que ofrece una amplia disposición de los componentes de flujo de aire, diseñado para una instalación fácil y de bajo costo y operación. El TURBO-AIR 6000 fue diseñado con un post-enfriador integrado que elimina la necesidad de un tipo de tubería refrigerador separado, y una válvula de retención empaquetado para una instalación más rápida y un mantenimiento más sencillo.



### Especificaciones

Motor Tamaños disponibles: 600-1,300 kW (800-1,750 hp)

Presión de descarga Rangos: 3,5-10 barg (50-150 psig)

Flujo Rangos: 113-227 m<sup>3</sup> / min (4.000-8.000 CFM)

Cumplimiento API: API 614, 670, 671 y 672

### Características y Beneficios

TURBO-AIR de Cameron 6000 cuenta con una amplia disposición de los componentes de flujo de aire beneficiosos.

- Impulsores - Cinco ejes molida impulsores diseñados y fabricados con técnicas y métodos avanzados.

- paletas Difusores - Diseño optimizado de paletas y la colocación de una mayor eficiencia

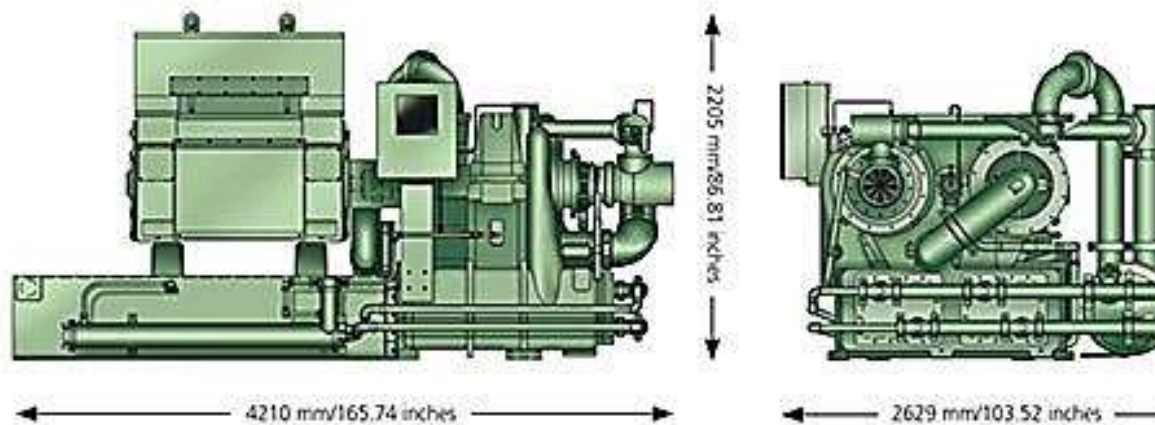
- Sistema de lubricación - autónomo, sistema de lubricación de baja presión

- Intercoolers / postenfriadores - intercooler agua-en-tubo y posenfriador paquetes se deslizan hacia afuera para facilitar la inspección y limpieza.

- Piñón de Diseño Avanzado de rodamiento - Diseñado para la vida y el funcionamiento prolongado a cualquier carga operativa

- Sella - Diseñado con laberinto sellos de aire y aceite sin contacto y sin desgaste. No hay aire de almacenamiento intermedio necesario para el aire libre de aceite. No requieren reemplazo periódico como sellos de anillo de carbono.

### Dimensiones:



## **Producto**

La demanda actual nacional parecería satisfecha, pero si se generalizara el uso del mix de GNC+ 20% H<sub>2</sub> para uso automotor se necesitarían, con el actual parque, unas 55.000 Ton H /año, sólo en este rubro. El consumo de GNC en el país es de 9 MM m<sup>3</sup> /día. El ahorro de GN importado sería sustancial.

Nuestra planta solo abastecería 7500 Ton H/año a las empresas productoras de GNC que se encuentran en el parque industrial General Güemes en la Provincia de Salta.

Se trasladaría el Hidrógeno a dichas empresas a través de un tendido de hidroductos instalados en el mismo parque industrial. Los hidroductos Son muy seguros y su vida útil es prolongada por la calidad de los materiales que se emplean, aunque sean plásticos como se utilizan en la actualidad.

Para tener en cuenta algunos hidroductos han sobrevivido a los bombardeos de la Segunda guerra mundial en Alemania, que actualmente opera una red de 470 km, y Sólo la Unión Europea posee más de 1800 km y USA más de 2.800 km de hidroductos.

## **Subproducto**

La producción por electrólisis de agua tiene como beneficio el alto grado de pureza del H<sub>2</sub> y del O<sub>2</sub>. Por distintas razones, la ANMAT (Agencia Nacional de Medicamentos y Alimentos) ha declarado al O<sub>2</sub> medicinal como un fármaco, y requiere que el grado de pureza sea al menos del 99%.

En nuestro proceso se debe tener en cuenta que se produce simultáneamente  $\frac{1}{2}$  Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> de alta calidad especialmente apto para oxígeno medicinal que resulta un producto de buen aprovechamiento económico.

Nos hemos contactado con la empresa Linde que posee plantas productoras en el Parque Industrial de Tucumán, de los gases del aire (N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> y Ar), de CO<sub>2</sub>, de O<sub>2</sub>, de N<sub>2</sub>O, entre otros. También importan y distribuyen diferentes gases y mezclas.

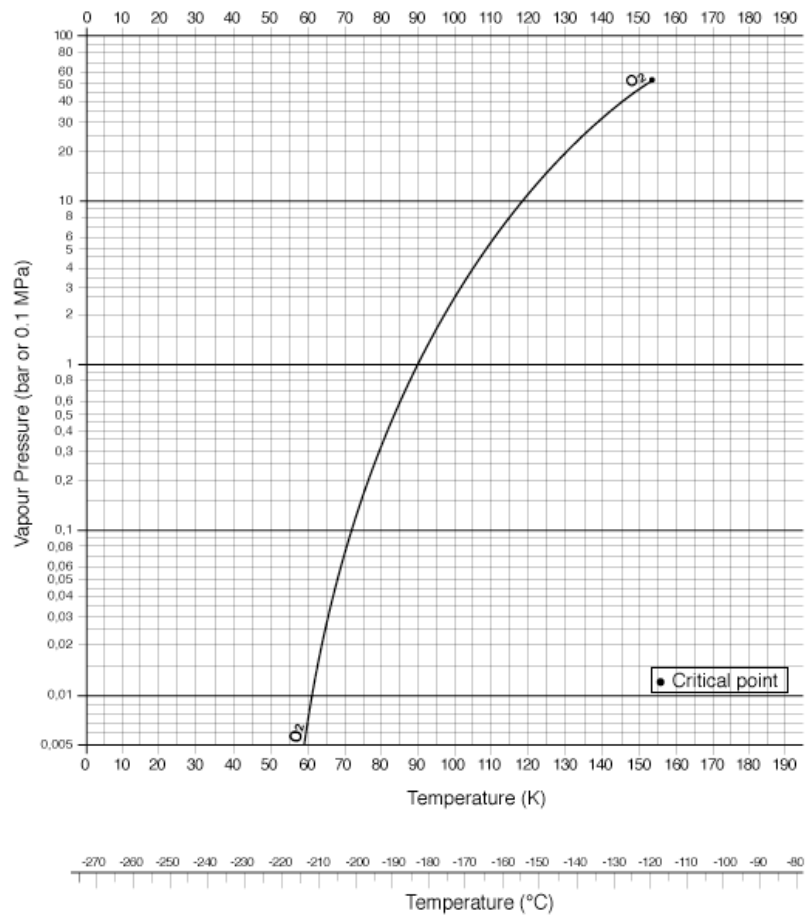
Para producir y almacenar el oxígeno se necesitaría dichos equipos:

## **Condensador**

Para seleccionar este equipo se realizaron los siguientes cálculos:

Teniendo en cuenta:

- La temperatura de entrada del oxígeno gaseoso es de 353°K, ya que del electrolizador sale a 80°C.
- La temperatura de salida del oxígeno líquido es de 111,4°K en base a la siguiente curva y teniendo en cuenta que la presión es de 6 bar.



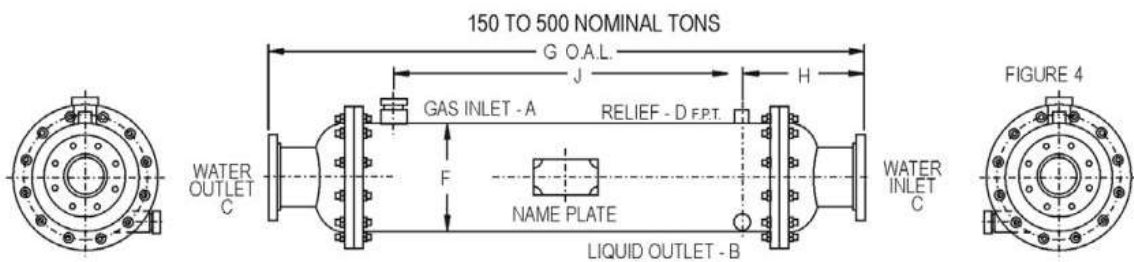
Por lo tanto se calcula con esos datos el calor latente, siendo este 6899, 04 KJ/Kg. Sabiendo que el caudal de oxígeno es 10270 Kg/día, se obtiene la potencia del equipo que sería 820 KW.

Elegimos el condensador de la empresa Henry technologies, ubicada en Estados Unidos, el modelo cc200-14144-1, ya que nuestro sistema requiere un equipo con 199 toneladas nominales.



### Specifications:

- Designed for seawater applications using nonferrous materials for all waterside components
- Incorporating spirally augmented 90/10 cupro-nickel tube surface for maximum efficiency with highest quality. Tubes roller expanded into double grooved tube sheets
- 90/10 cupro-nickel clad tube sheets
- Heads to 10 inch diameter machined from solid bronze; all heads removable for tube cleaning
- Sizes 4 to 59 nominal tons refrigeration
- Working pressures: Shell side 300 PSIG  
Shell side 125 PSIG
- CCM Series built to order



Catalog Number	Nom Tons	Gas Inlet A	Liquid Outlet B	Water In/Out (FPT)		Relief Conn. D	Dimensions in Inches				Pump-down Cap. Lbs	Ship Wt. Lbs.
				C**	Fig No.		F	G	H	J		
CC100-12096-2	100	3 1/8	2 1/8	4	3	1/2	12 3/4	114	19	86	212	740
CC125-12096-2	125	3 5/8	2 5/8	4	3	1/2	12 3/4	114	19	86	185	800
CC150-12144-1	150	4 1/8	2 5/8	6	4	3/4	12 3/4	164	15 1/4	133 1/2	303	1040
CC170-12144-1	170	4 1/8	3 1/8	6	4	3/4	12 3/4	164	15 1/4	133 1/2	277	1100
CC200-14144-1	200	4 1/8	3 1/8	6	4	3/4	14	164	15 1/4	133 1/2	323	1505
CC250-16144-1	250	4 1/8	3 1/8	8	4	3/4	16	172	20 1/2	131	446	2025
CC300-16 44-1	300	5 1/8	3 1/8	8	4	3/4	16	172	20 1/2	131	391	2160
CC350-18144-1	350	5 1/8	3 5/8	8	4	1	18	174 1/2	21 3/4	131	536	2560
CC400-18144-1	400	5 1/8	4 1/8	8	4	1	18	174 1/2	21 3/4	131	481	2700
CC450-20144-1	450	6 1/8	4 1/8	10	4	1	20	174 1/2	23	128 1/2	648	3120
CC500-20144-1	500	6 1/8	4 1/8	10	4	1	20	174 1/2	23	128 1/2	597	3240

Nominal tons rated on 14.000 Btu/hs.

### Bomba centrífuga para líquidos criogénicos

Gongtong Low Carbon Technology Company es un fabricante de bombas centrífugas para líquidos criogénicos certificado por el ISO9001:2008 en China.

### Características

1. La bomba centrífuga para líquidos criogénicos está diseñada con una rueda especial de guía que reduce la cavitación de la bomba baja. Por lo tanto, tiene un rendimiento muy estable.
2. Es fabricada con rodamientos engrasados con aceite lubricante, que puede alargar la vida útil del sistema de transmisión y mejorar la eficiencia operativa.
3. Su diseñado sistema de accionamiento permite reducir el ruido del funcionamiento de la bomba centrífuga de líquidos y además evita vibraciones.
4. La bomba centrífuga para líquidos criogénicos adopta un indicador de calidad de sellado que tiene una vida útil de larga duración, además el costo del mantenimiento es muy bajo.

### **Aplicación**

La bomba centrífuga para líquidos criogénicos es utilizada principalmente para el transporte de oxígeno líquido, nitrógeno líquido, argón líquido, etc.

### **Especificaciones**

<b>Tipo</b>	<b>Capacidad de aumento de agua (m)</b>	<b>Flujo (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Velocidad (rpm)</b>	<b>Potencia del motor (KW)</b>
<b>BP-15/35</b>	35	15	2900	5.5
<b>BP-24/80</b>	80	24	4100	15
<b>BP-25/130</b>	130	25	4100	22



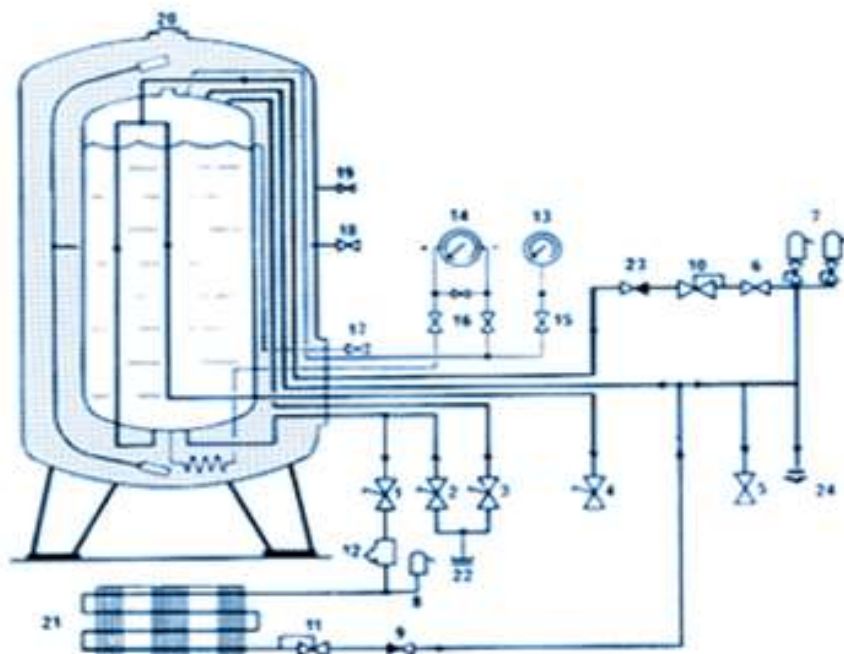


Teniendo en cuenta que necesitamos bombear 8558,33 lt de oxígeno líquido por día o 0,35 m<sup>3</sup>/hs se elegirá de acuerdo a las especificaciones el tipo de bomba centrífuga modelo BP-15/35

### Tanques criogénicos

Los tanques criogénicos están formados por nueve sistemas fundamentales (Figura detallada del tanque):

1. Sistema de Llenado
2. Sistema de Aumento de Presión
3. Sistema Economizador
4. Sistema de Seguridad



5. Sistema de Medición de Nivel
6. Sistema de Descarga de Líquido al Cliente
7. Sistema de Venteo
8. Sistema de Máximo Nivel
9. Sistema de Vacío

#### Sistema de Llenado

Es el sistema por el cual se efectúa el llenado del tanque, es posible efectuarlo : por el fondo, por encima o por ambos en conjunto. Este sistema está compuesto por la conexión de llenado N°22 y las válvulas N° 2 y N°3.

Las válvulas serán usadas según sea el proceso elegido.

#### Sistema de Aumento de Presión

Los Tanques Criogénicos deben mantenerse a una presión a la de trabajo del cliente, es por ello que existe este sistema ya que permite elevar la presión del tanque cuando esta cae por debajo de lo graduado. El sistema está compuesto por un vaporizador N° 21, un filtro N° 12, una válvula check N° 9, una válvula criogénica de compuerta N° 1 y un regulador N° 11.

#### Sistema Economizador

Este sistema permite la salida de gas o por el tubo de líquido (aprovecha el gas de exceso en el tanque), lográndose esto por la mezcla de gas - líquido en la intersección de los tubos por efecto venturí. Además, ofrece otra ventaja, ya que no permite que el tanque alcance presiones superiores a las de trabajo.

El sistema economizador está compuesto por el regulador economizador N° 10 la válvula check N° 23 y la válvula de compuerta N° 6.

#### Sistema de Seguridad

Este sistema está compuesto por un de alta presión y el otro de baja presión (vacío).

- *Sistema Alta Presión:* la presión de trabajo del tanque es 15 bar, si por cualquier causa la presión se eleva por encima de esta, se disparan dos válvulas de seguridad calibradas a esta presión y aún para mayor seguridad si la presión sigue aumentando, alcanzando los 350 psig, se rompe un disco de ruptura, que permite el desahogo total del gas en el tanque.

Este sistema está compuesto por dos válvulas de seguridad N° 7 y un disco de ruptura N° 24.

- *Sistema de Vacío:* por cualquier causa una sobre - presión interna por pérdida de vacío, etc. existe una válvula de seguridad de 4 plg que permite un desahogo total del tanque.

Sistema compuesto por una válvula de ruptura N° 20.

#### Sistema de Medición de Nivel

Es el sistema que permite medir el volumen de líquido existente en el tanque, efectuándose esto por un indicador de nivel diferencial calibrado en litros y los líquidos en el punto normal de ebullición. Este sistema está compuesto por una válvula de distribución de cuatro vías N° 16 y un indicador de nivel N° 14 con un manómetro de presión N° 13 que indica la presión interna del tanque.

#### Sistema de Descarga de Líquido al Cliente

Es el sistema que permite la salida de líquido al cliente, dependiendo de los requerimientos de este, será líquido o gas, se instalará un vaporizador de acuerdo a la capacidad requerida. Este sistema está compuesto por una válvula de compuerta criogénica N° 4.

#### Sistema de Venteo

Este sistema es el que permite aliviar la presión del tanque en cualquier momento, hasta el punto de llevarla a 0 psig. Sistema compuesto por una válvula de compuerta criogénica N° 5.

### Sistema de Máximo Nivel

Este sistema permite la visualización el llenado, cuando el tanque ha alcanzado su máximo nivel. Además, sirve de seguridad ya que se puede controlar el nivel, no sobrepasando la capacidad criogénica del tanque.

Sistema compuesto por una válvula de bola N° 17.

### Sistema de Vacío

Este sistema permite medir y efectuar el vacío al tanque. Está compuesto por una válvula para hacer vacío N° 18 y una válvula para medición N° 14.

### Características de tanques criogénicos

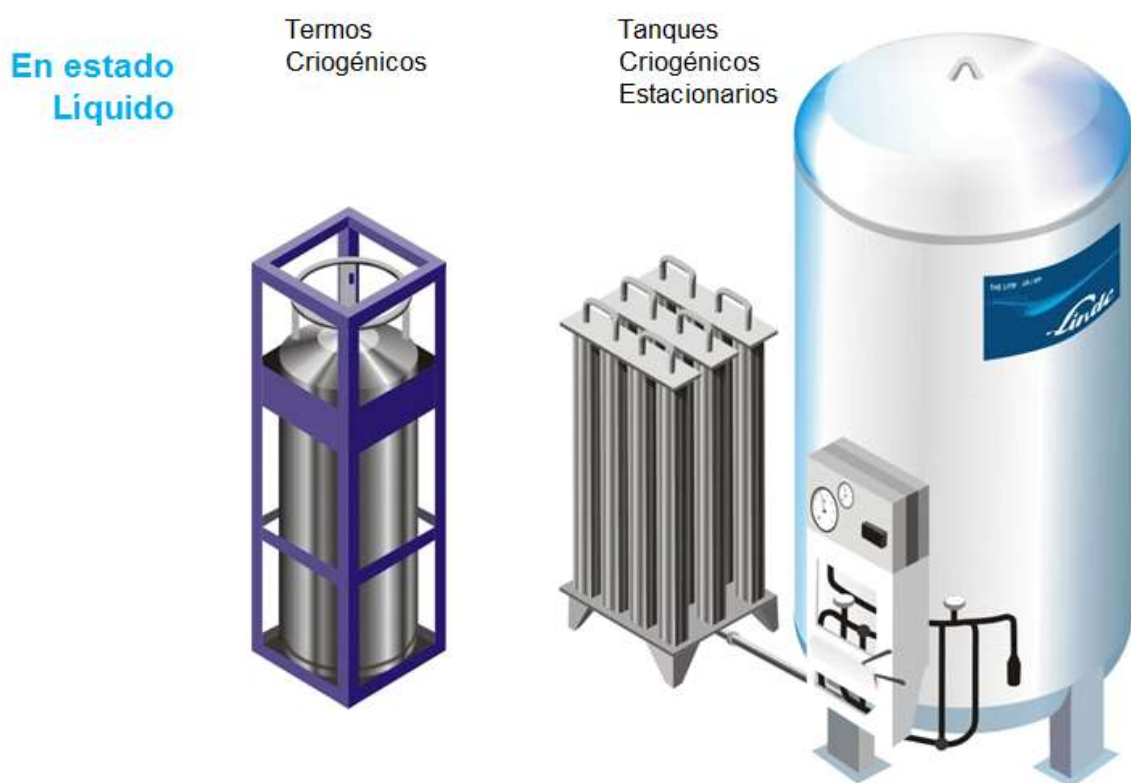
TYPE TIPO MOX **	DIMENSIONS / DIMENSIONES (mm)			WEIGHTS VACUUM PESO VACIO (KG)	CAPACITY / CAPACIDAD (LT).		BAR	PREASSU RE INCREASE ---- INCREME NTO PRESION N2 - 24 H
	0 A	B	C		GEOMET	REAL EFFETT.		
<b>1380 / 15</b>	1.630	3.330	2.130	1.560	1.390	1.320	15	0,95
<b>3.080 / 15</b>	1.900	3.950	2.400	2.750	3.210	3.050	15	0,85
<b>6.080 / 15</b>	1.900	3.950	2.400	2.570	3.210	3.050	15	0,50
<b>12.580 / 15</b>	2.540	5.450	3.010	6.550	12.437	11.815	15	0,30
<b>22.080 / 15</b>	2.540	8.450	3.010	10.200	22.204	21.176	15	0,15
<b>32.080 / 15</b>	2.540	11.500	3.010	15.260	32.145	30.538	15	0,10
<b>50.080 / 15</b>	2.540	14.500	3.010	20.320	42.096	40.000	15	0,05

Recordando que nuestra planta produce 3.750 Tn O<sub>2</sub>/ año según los cálculos realizados anteriormente, y dividiendo este valor por 365 días, sabemos que producimos 10,27 TnO<sub>2</sub>/día.

Por día se produce 7.189.000 lt O<sub>2</sub> gaseoso, sabiendo que para producir 1 lt de O<sub>2</sub> líquido se necesita 840 lt de oxígeno gaseoso, por lo tanto produciríamos 8558,33 lt de oxígeno líquido por día.

Teniendo en cuenta las especificaciones nuestra planta se equipara con 3 tanques del modelo 32.080/15.

Para el traslado del oxígeno medicinal la empresa Linde nos proveerá de los tanques de provisión.



Le venderemos el oxígeno de alta pureza a dicha empresa para que se ocupe de su distribución.

Los precios del O<sub>2</sub>, actualmente son los siguientes:

Pureza(%)	Impureza(ppm)							Cilindros	Precio	Código
	H <sub>2</sub> O	THC	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>			
99,8	<3	<20	<0,19%					8 y 10 m <sup>3</sup>	U\$S 66,8/m <sup>3</sup> + IVA	670529

Tabla proporcionada por la empresa Linde al 4 de Noviembre de 2013 (U\$S)

Teniendo en cuenta que para licuar 1.2 Nm<sup>3</sup> de oxígeno se necesita 8.8 Nm<sup>3</sup> de Nitrógeno a 200 bar y -196 °C, se necesitaría U\$S 14.171 anual en nitrógeno comercial B50.

Se concluye liberar el oxígeno de alta pureza a la atmósfera ya que se obtendría de su venta U\$S 12.327 anual, es decir que con dicha venta no llegaríamos a cubrir el gasto del nitrógeno necesario.

## **Sistema de Control**

La generación de hidrógeno se realiza bajo unas condiciones que son monitorizadas y controladas por el sistema de control. Las funciones del sistema de control son realizadas por un autómata programable localizado en el panel de control. Cuando una variable excede los valores prefijados se detecta y emite una señal de alarma y, si el sistema es capaz de restablecer automáticamente el vapor de la variable a los límite preestablecidos continua la operación, en caso contrario, se procede a la inertización y parada del sistema. Las actuaciones del sistema de control se ejecutan a través de válvulas neumáticas.

El sistema de control se programó para establecer una operación segura y eficiente del sistema. Los parámetros fijados se presentan en la siguiente tabla:

Máxima presión del sistema	7 bar
Presión de válvula de alivio	8 bar
Intensidad máxima admisible	125 A

Temperatura del electrolito	80°C
Máxima temperatura del electrolito	90° C
Concentración máxima de O <sub>2</sub> en H <sub>2</sub>	2 %
Concentración máxima de H <sub>2</sub> en O <sub>2</sub>	2 %

La unidad de control está alimentada permanentemente desde un sistema de potencia ininterrumpida, independientemente del sistema solar fotovoltaico.

La siguiente tabla presenta las variables controladas y monitorizadas continuamente por el sistema de control y supervisión. Dichas variables son leídas, registradas y almacenadas por el sistema de adquisición de datos.

Tabla de variables monitoreadas por el sistema de control

Variable	Rango
Intensidad de corriente	0-125 A
Voltaje en bornes del electrolizador	0-100 V
Temperatura de entrada de electrolito	0-100 °C
Temperatura de salida de electrolito	0-100 °C
Presión de salida de Hidrógeno	0-10 bar
Flujo másico de Hidrógeno	0-856165 g/h
Nivel en separador de Hidrógeno	0-100 %
Nivel en separador de Oxígeno	0-100 %

Contenido de Hidrógeno en Oxígeno	0-5 %
Contenido de Oxígeno en Hidrógeno	0-21 %

El sistema de control puede variar la curva característica del electrolizador modificando el número de celdas operativas del mismo. Ello permite una opción adicional de cara a establecer la estrategia de acoplamiento entre el sistema solar fotovoltaico y el electrolizador. Además de la estrategia convencional de mantener la característica de carga del electrolizador constante (esto es número de celdas operativas constantes), la estrategia implementada adicionalmente en el sistema posibilita:

- Operar con 24 celdas para una intensidad de corriente superior a 90 A.
- Utilizar 25 celdas para intensidades comprendidas entre 60 y 90 A.
- Operar con 26 celdas para intensidades inferiores a 60 A.

Para intensidades inferiores a 10 Amperios, lo cual ocurre para radiación global incidente en el plano del sistema solar fotovoltaico baja, se puede producir flujo de gases a través de la membrana, lo cual podrá provocar la aparición de mezclas explosivas en cualquiera de los compartimentos (anódico o catódico). Para prevenirlo, el sistema de control detiene la operación del sistema cuando se detecta un valor de la intensidad de corriente de 10 A. En éste momento se desacopla el electrolizador del campo fotovoltaico y cuando el voltaje a circuito abierto del sistema solar fotovoltaico supera los 58 voltios, el sistema retoma a la operación normal de generación de hidrógeno. Estos límites son ajustables.

### **Variables medidas**

El control de la instalación, tanto desde el punto de vista de proceso como de la seguridad, requiere la toma de datos de determinadas variables de



operación, que se unirán a las necesarias para conocer el funcionamiento de la planta.

A fin de establecer balances energéticos, de masa, y para conocer los mecanismos predominantes en los procesos objeto de estudio se midieron y almacenaron las siguientes variables:

- Temperaturas del electrolito y del agua de refrigeración, a la entrada y salida del electrolizador.
- Intensidad y voltaje en bornes del electrolizador.
- Pureza de los gases producidos: O<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>.
- Presión del Sistema.
- Pérdida de carga en el circuito de agua de refrigeración.
- Concentración de KOH mediante tomas de muestras periódicas.
- Caudales máscicos de agua de alimentación, agua de refrigeración y de hidrógeno producido.
- Temperaturas de los paneles del campo fotovoltaico, así como de la radiación global en el plano de los paneles.
- Intensidad y voltaje suministrado por el sistema fotovoltaico.

A estas variables, habría que unir las señales digitales indicativas del nivel de estado de diversos componentes de la planta.

### **Control del Proceso**

En condiciones normales, control y adquisición de datos son dos términos que se encuentran íntimamente relacionados puesto que las acciones de control se

realizan gracias a los datos registrados por el sistema de adquisición. En general, los requerimientos operacionales impuestos a la planta de producción de hidrógeno se pueden agrupar en los siguientes:

- Seguridad.
- Especificaciones del producto.
- Restricciones operacionales.
- Economía.

El cumplimiento de estos requisitos implica la necesidad de chequear continuamente la operación de la planta y actuar sobre el proceso mediante un sistema de control. Este sistema de control ha de permitir:

- Minimizar, suprimir, la influencia de perturbaciones externas sobre el proceso.
- Asegurar la estabilidad del sistema.
- Optimizar el rendimiento de la operación.

De cara al diseño del sistema de control se siguieron los siguientes pasos:

- Definición de objetivos.
- Selección de variables a controlar.
- Selección de variables a medir.
- Configuración del sistema de control.
- Selección del controlador adecuado, implementación de la lógica de control y ajuste de parámetros.

Más concretamente, los principales requisitos que debe de cumplir la operación de la planta de producción de hidrógeno solar son la seguridad, las restricciones operacionales y las especificaciones del producto de salida, H<sub>2</sub>.

La condición de seguridad viene impuesta, por los amplios límites de detonabilidad e inflamabilidad que presenta el H<sub>2</sub>, en mezclas de O<sub>2</sub>, o aire. Con la instrumentación adecuada se han de tomar medidas, continuamente, de la concentración de hidrógeno en la corriente de oxígeno, y viceversa, a fin de tomar las medidas adecuadas en caso que se alcancen ciertos límites.

Las restricciones operacionales vienen impuestas por las condiciones de funcionamiento del electrolizador, en concreto, por el mantenimiento de una temperatura de electrolito por debajo de 80°C para una solución de KOH al 30 % en peso.

Las especificaciones del producto, cantidad y calidad del hidrógeno producido, están íntimamente relacionadas con el caudal de agua de alimentación y la intensidad de operación.

Al ser un sistema experimental, la economía es, en estos momentos, un requisito secundario que podría abordarse posteriormente.

## **Variables Controladas**

### **Temperatura de operación**

La conductividad de la solución de KOH al 30 % en peso es máxima para temperaturas comprendidas entre 60 y 80°C. Ello replica una optimización del consume de energía al disminuir las pérdidas óhmicas a través del electrolito.

La temperatura presenta un límite operativo superior de unos 90°C impuesto por la resistencia estructural de la membrana y para disminuir la degradación por corrosión de los electrodos. Por debajo de los 60°C, la conductividad eléctrica disminuye y en consecuencia las pérdidas aumentan.

A fin de controlar la temperatura de operación, y mantenerla por debajo de los límites admisibles, se utiliza un control con realimentación, midiendo la temperatura del electrolito a la salida del stack y comparable con un punto de consigna prefijado.

### **Producción de hidrógeno y caudal de agua de alimentación**

El consumo de agua de alimentación depende de la producción de hidrógeno. Siendo ésta una variable difícil de medir, influyen aspectos relacionados con la fiabilidad de caudalímetros para hidrógeno, podría relacionarse la cantidad de agua a aportar al sistema a través de una medida indirecta como es el nivel de agua del separador de hidrógeno

### **Controles de seguridad**

#### Concentraciones de H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>

Los límites de detonabilidad del H<sub>2</sub> en aire son del 18.3 a 65 % en volumen; éstos mismos límites referidos a O<sub>2</sub> son del 15 al 90 %. Los límites de inflamabilidad van del 4 al 75% en volumen en aire y del 4 al 96 % en O<sub>2</sub>.

Por motivos de seguridad, pareció aconsejable trabajar con concentraciones de hidrógeno menores al 4% en las corrientes de O<sub>2</sub> y aire; con concentraciones de O<sub>2</sub> inferiores al 4% en la corriente de H<sub>2</sub>. A este nivel del 4% se denominó Nivel inferior de Explosión (NIE). Basado en la experiencia de proyectos similares (Steeb,1990) se establecieron dos niveles a efectos de detección y notificación de alarmas.

- Límite 1: Cuando la concentración de hidrógeno (u oxígeno) alcanza el 25 % de NIE.

- Limite 2: Cuando la concentración de hidrógeno (u oxígeno) alcanza 50% de NIE.

La concentración de H<sub>2</sub> se midió en las corrientes de O<sub>2</sub> y en el aire que rodea al electrolizador. El grado de actuación sobre la planta aumentará conforme se pasa del límite 1 al 2. En el nivel 1, se activa una alarma visual y sonora mientras que en el 2, se detiene la operación del sistema y se activará el sistema de inertización con nitrógeno.

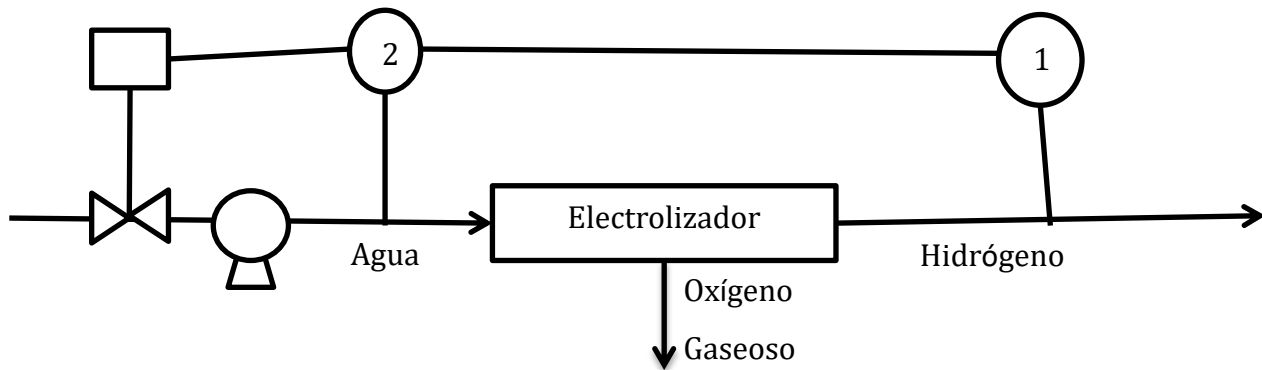
### **Set Points**

Caudal de agua	0,8648 m <sup>3</sup> /hs.
Flujo másico de Hidrógeno	856164,38 gr/hs
Temperatura electrolito	70°C
Nivel en separador de Hidrógeno	99,99%
Nivel en separador de Oxígeno	99,99%
Presión del Hidrógeno	6 Bar

### **Lazo de control**

Se utilizará un lazo de control en cascada. El control se efectúa por dos lazos de control en serie cuando una variable controlada es afectada por dos o más entradas o cuando hay un tiempo de transferencia de calor en los elementos del sistema y se necesita una alta precisión. La figura muestra parte de nuestro proceso. El controlador 1 recibe las señales de un control de un sensor en el hidrógeno gaseoso. Esta señal de salida resultante alimenta un segundo controlador y modifica su punto de ajuste. El controlador 2 recibe una señal del caudal del agua que ingresa al

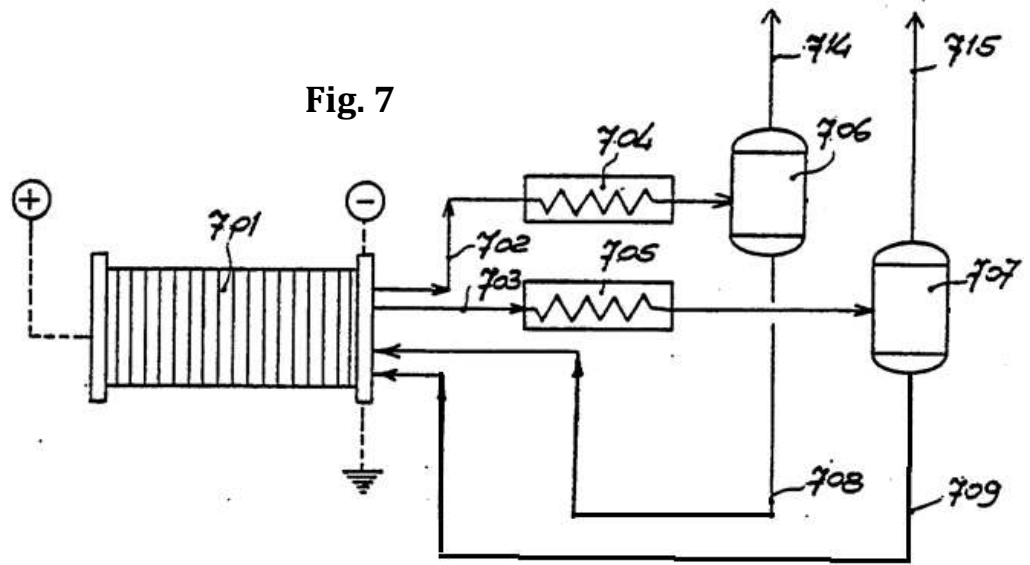
electrolizador y por diferencia de caudales leída y la de ajuste acciona la válvula y actuador.



A continuación se muestra el diagrama de flujo del electrolizador (Figura 7) y el diagrama de control de dicho equipo (Figura 8) dentro del electrolizador, proporcionado por la empresa METKON S.A.

Como se muestra en el diagrama de flujo (Figura. 7), el electrolizador (701) se alimenta con corriente continua. Las líneas 702 y 703, previstas para extraer los productos procedentes de la electrólisis anódica y catódica, alimentará a los respectivos enfriadores (704 y 705); su propósito es mantener la temperatura del electrolito que circula en el sistema. Los productos de electrólisis llegan a los separadores (706 y 707), donde los productos gaseosos se separan de los electrolitos los cuales a través de las líneas 708 y 709 vuelven al electrolizador. Los productos de electrólisis gaseosos salen del sistema por medio de las líneas 714 y 715.

Fig. 7



El sistema de control del electrolizador se muestra en la Figura. 8, donde los principales instrumentos de control también se indican esquemáticamente, por ejemplo, el controlador de presión 801, se mantiene la presión interna del sistema a 6 bar actuando sobre la corriente de hidrógeno; el controlador de nivel 802 del líquido en el recipiente 803, que actúa sobre la corriente de oxígeno; el controlador de nivel de líquido 804 para el recipiente 805. La temperatura de entrada y de salida del electrolito es medida por el registrador 808.

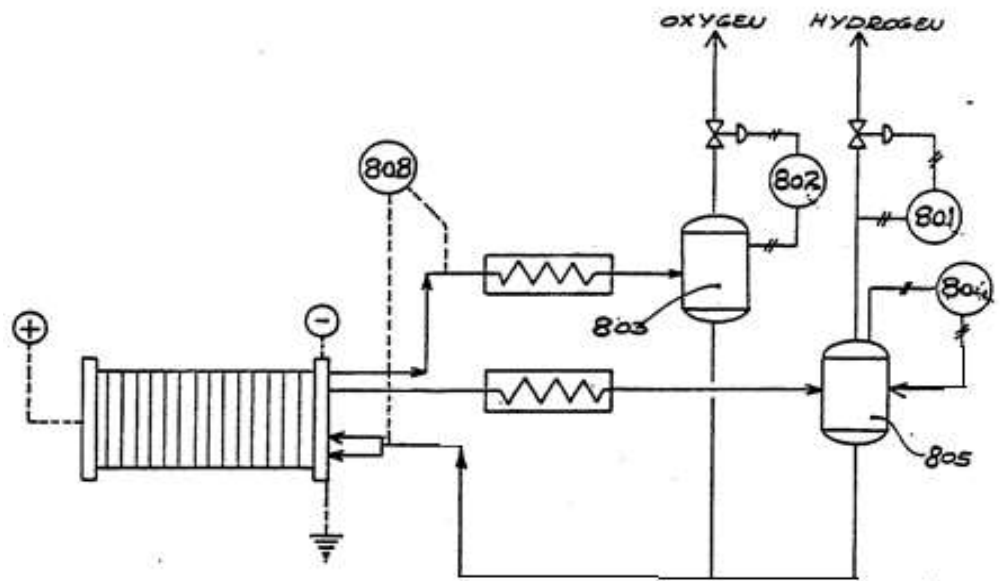


FIG. 8

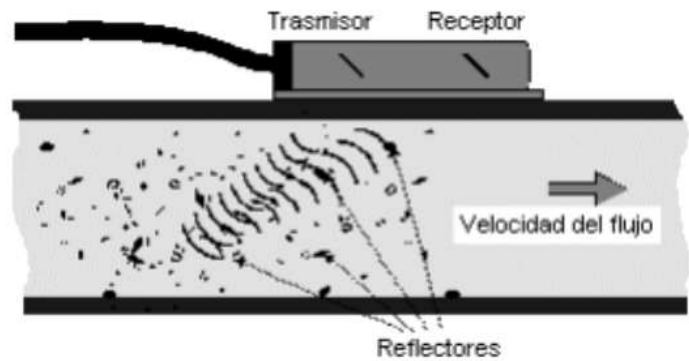
## Instrumentación

### **Medidores de caudal por Ultrasonido:**

Los caudalímetros por ultrasonido están basados en la propagación de ondas de sonido en un fluido. Existen dos principios básicos para esta medición: Tiempo de Tránsito y Efecto Doppler. En los caudalímetros por tiempo de tránsito, la velocidad de flujo se determina por la diferencia entre la velocidad de propagación de una onda de sonido a favor y otra en contra del flujo. Los elementos emisores y receptores pueden instalarse por fuera de la tubería sostenidos por abrazaderas. El instrumento de efecto dopplertiene un generador de ultrasonido que emite ondas. Si en el seno del líquido existen partículas o burbujas de gas, estas ondas chocan con ellas provocándose una reflexión de las ondas, un eco. Cuando esto ocurre el eco devuelto tiene una frecuencia igual si el líquido está quieto o distinta que la enviada si está en movimiento. Esta nueva frecuencia depende de la velocidad de la partícula productora del eco, por lo que midiendo el corrimiento de frecuencia se puede determinar la velocidad del fluido y por lo tanto el caudal instantáneo.



## CAUDALIMETRO ULTRASONICO

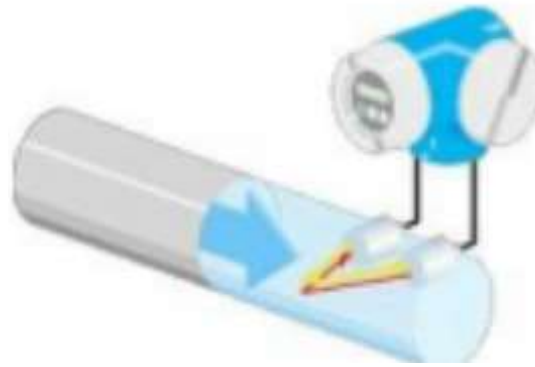


### Ventajas:

- \* No ocasiona pérdida de carga.
- \* No tiene partes móviles.
- \* No influye el diámetro de la tubería, ni en su costo, ni en su rendimiento.
- \* Ideal para la medición de materiales tóxicos o peligrosos.
- \* Salida lineal con el caudal.
- \* Su rango de medición es muy amplio.
- \* En tuberías de gran diámetro es el más económico, y en ciertos casos, el único.
- \* Su instalación es muy simple y económica.

### Desventajas:

- \* Su precisión no es muy alta.
- \* Su costo es relativamente alto para tuberías de bajo diámetro.

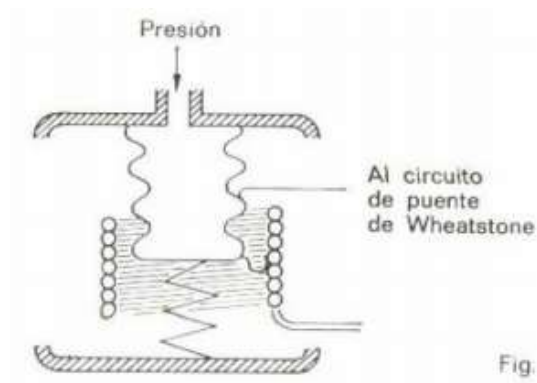


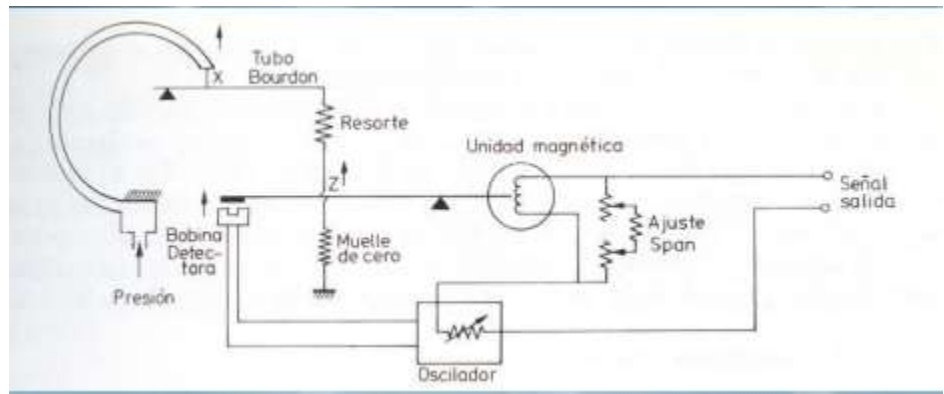
### **Sensores de Presión**

La presión puede definirse como una fuerza por unidad de área o superficie. Generalmente se mide buscando el equilibrio con la ejercida por una fuerza conocida (de una columna líquida, un resorte, un émbolo cargado con un peso o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión).

### **Sensores electromecánicos**

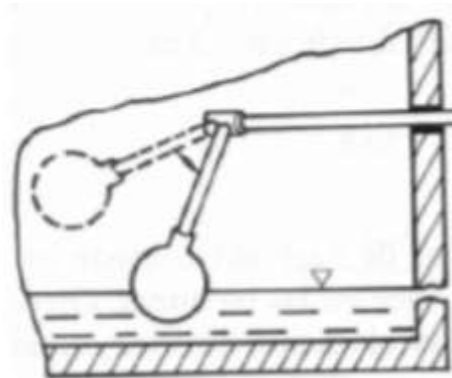
Combinan un elemento mecánico elástico más un transductor eléctrico. El elemento mecánico puede consistir en un tubo bourdon, fuelle, diafragma, o combinación de los mismos





### Sensores de Nivel: Desplazamiento (flotador):

Constituido por un flotador pendiente de un cable, un juego de poleas, y un contrapeso exterior. Consta de un flotador pendiente del techo del depósito por una barra a través de la cual transmite su movimiento a una ampolla de mercurio (la hace bascular) con un interruptor. Si el nivel alcanza al flotador lo empuja en sentido ascendente, ascendiendo si la fuerza supera al peso del flotador. Este movimiento es transmitido por la barra y el interruptor cambia de posición.



### Analizadores de gases

Los analizadores de gas de proceso se utilizan para el cálculo continuo de valores de concentración de uno o varios gases en una mezcla de gases. El cálculo de la concentración de gases en un proceso sirve para controlar y monitorizar los flujos de proceso, por lo que juega un papel decisivo en la automatización y optimización de

procesos y en la seguridad de la calidad del producto. Además, los analizadores de gas de proceso se utilizan para el control de emisiones, con lo que contribuyen de manera importante a la protección del medio ambiente y a garantizar el cumplimiento de las normativas legales.

#### Medición in situ:

Existen dos tipos de analizadores in situ disponibles: *para conducto* y analizadores con *sonda de medición* para instalación en un lateral. Esto permite adaptar los dispositivos eficazmente a una gran variedad de diferentes configuraciones de sistema. La tecnología in situ se caracteriza por su escasa necesidad de mantenimiento y unos tiempos de respuesta muy breves gracias a la medición directa en el conducto de gases.

Los procedimientos de análisis con medición in situ se caracterizan por el hecho de que la medición física en la corriente del gas de proceso tiene lugar directamente en la propia tubería del gas de proceso. Por eso, al contrario que en el análisis extractivo, no se toma ninguna muestra que se dirija al analizador a través de una tubería y una sección de preparación y acondicionamiento de muestra. Solo en casos excepcionales, las condiciones del proceso obligan a condicionar el flujo del gas de muestra en una tubería de bypass en lo relativo a la temperatura del proceso, la presión o la longitud óptica del recorrido. No es necesario ningún tratamiento más del gas de proceso, como podría ser el secado o la separación del polvo. El analizador con medición in situ debe tener en cuenta siempre las condiciones posiblemente cambiantes del proceso, y ser capaz de procesarlas automáticamente en el modelo de calibración. Para ello a menudo es necesario un cálculo para la compensación de temperatura y presión. Además, se requiere un alto grado de robustez del analizador, ya que sus sensores entran en contacto de concentraciones de gas directamente en el proceso pertenece al ámbito del análisis de gases in situ con láser de diodos.

#### **Analizador de oxígeno**

¿Cómo escoger este producto?:

Los analizadores de oxígeno permiten determinar el índice de oxígeno que contienen el aire respirado y otras mezclas líquidas y gaseosas.

Aplicaciones: Los analizadores de oxígeno se emplean en numerosos campos. En el sector de la medicina, podemos encontrarlos en los monitores de anestesia y en los aparatos de respiración. También se utilizan para la protección de personas y para la supervisión de la concentración de oxígeno en lugares de trabajo o en zonas donde existe riesgo de explosión.

Así, los analizadores de oxígeno se utilizan para optimizar diferentes procedimientos, como soldadura, tratamiento térmico de superficies metálicas, embalaje alimentario y procedimientos de producción en el ámbito de la microelectrónica, de la industria cervecera, etc.

Tecnologías: El núcleo de este dispositivo está constituido por el sensor, que transforma el resultado de la medición en una señal eléctrica que se muestra posteriormente. Los sensores de oxígeno más importantes son los anemométricos, los paramagnéticos, los ópticos y los de resistencia.

Criterios de selección: La elección dependerá, sobre todo, del campo de aplicación y del medio de medición (gas o líquido). Debe tenerse en cuenta si es posible que haya gas presente durante la medición, pues podría afectar al resultado.

Analizador de gas para el análisis del oxígeno BA 6000 - O<sub>2</sub>



**Tabla gases de referencia**

Rango de medición	Gas de referencia recomendado	Presión de conexión	Observaciones
0 hasta ... Vol.% O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	2 hasta 4 bar sobre presión de gas de medición (máx. 5 bar absoluto)	El caudal del gas de referencia queda automáticamente ajustado entre 5 y 10 ml/min (hasta 20 ml/min con línea de compensación alimentada).
hasta 100 Vol.% O <sub>2</sub> (punto cero suprimido con valor de gama de medición final 100 Vol.% O <sub>2</sub> )	O <sub>2</sub>		
En 21% O <sub>2</sub> (punto cero suprimido con 21 Vol.% O <sub>2</sub> dentro del margen de medición)	Aire	0,1 bar contra presión de medición, que puede variar en no más de ± 50 mbar entorno a la presión del aire	

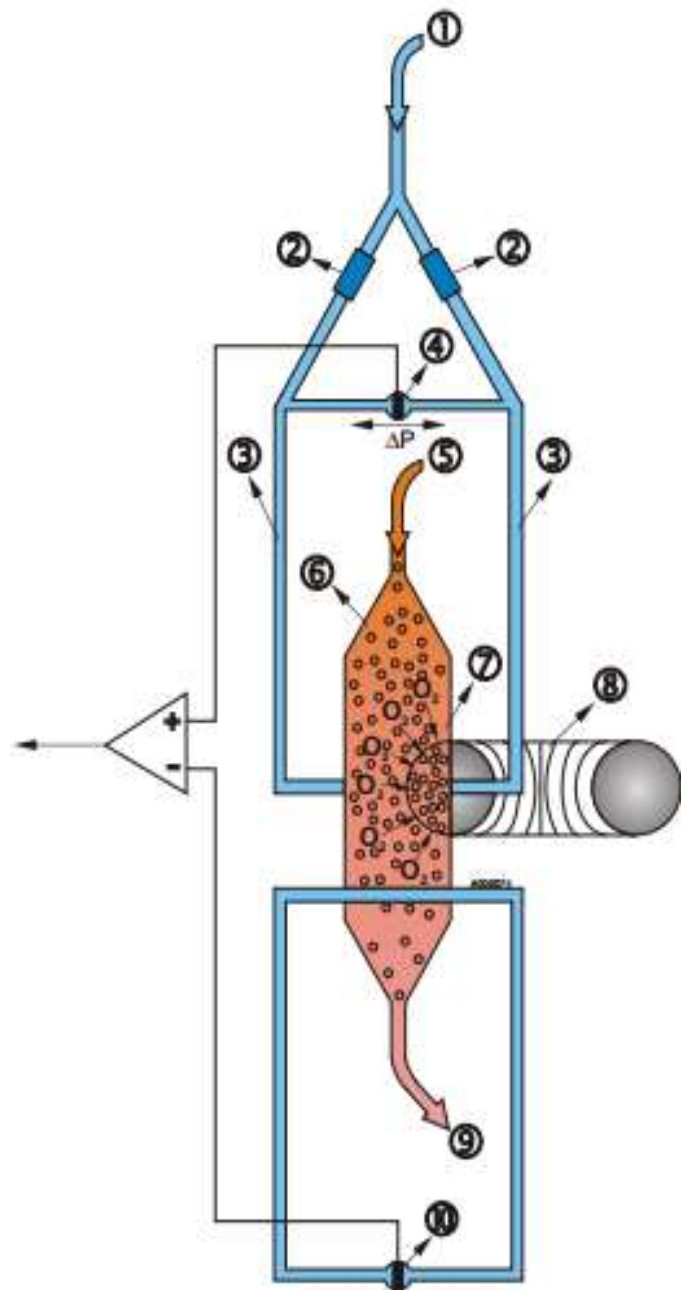
**Modo operativo:**

El oxígeno a diferencia de casi todos los demás gases es paramagnético. Esta propiedad es aprovechada en el dispositivo de análisis de gases BA6000-O como efecto de medición. Dado su paramagnetismo, en un campo magnético heterogéneo, las moléculas de oxígeno son movidas hacia el campo de mayor intensidad. Si dos gases con un contenido de oxígeno desigual se unen en un campo magnético, entre ellos se dará una diferencia de presión

En el caso del BA6000 - O uno de los gases (1) es un gas de referencia (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> o aire), el otro un gas de medición (5). El gas de referencia es introducido en la cámara de medición (6) a través de dos canales (3). Uno de estos flujos de referencia entra en contacto con el gas de medición en la zona del campo magnético pulsante (7). Dado que los canales están unidos entre si, la presión proporcional al contenido de oxígeno origina una corriente, que es transformada por una sonda de micro-flujos (4) en una señal eléctrica. El sensor de microflujos consta de dos rejillas de níquel calentadas a unos 120°C, que junto con dos resistencias complementarias forman un puente de Wheatstone. El flujo pulsante origina un cambio de resistencia de las rejillas de níquel del sensor de microflujos. Esto origina un desequilibrio en el puente, que depende de la concentración de oxígeno del gas de muestra.

Dado que el sensor está asignado a la corriente del gas de referencia, la medición no está afectada por la conductividad térmica, el calor específico o la fricción interna del gas de medición. Así se obtiene además una buena protección contra la corrosión, dado que el sensor de microflujos no está expuesto al efecto directo del gas de muestra. Mediante el empleo con intensidad alterna (8), el efecto del flujo de fondo no es detectado por el sensor de microflujos, de forma que la medición es independiente de la posición de la cámara de medición. La cámara de muestra de alimentación directa tiene un volumen reducido y el sensor de microflujos responde con poco retardo. De modo que el tiempo de respuesta del BA6000 - 0 es muy corto.

A menudo aparecen vibraciones en el lugar de medición. Estas pueden distorsionar la señal de medición (ruido). Por eso se ha integrado en el equipo otro sensor de microflujos (10) por el que no pasa gas, que actúa como captador



- 1 Entrada de gas de referenci
- 2 Estrangulador
- 3 Canales de gas de referencia
- 4 Sensor de microflujos para la señal de medición
- 5 Entrada de gas de muestreo
- 6 Cámara de medición
- 7 Efecto de medición paramagnético
- 8 Electroimán con intensidad de campo cambian
- 9 Salida del gas de medición y del gas de referencia
- 10 Sensor de microflujos en el sistema de compensación (sin flujo)

de vibraciones. Su señal queda asociada a la señal medida como señal de compensación. Si la densidad media del gas de muestra difiere en más del 50% de la densidad del gas de referencia, entonces el gas de referencia se hace pasar tanto por el sensor de microflujos de compensación (10) como por el sensor de microflujos de medición (4)

## **Analizador de hidrógeno**

### Analizador de hidrógeno XTP601 series

0 - 100 %, 100 - 600 ml/min |



### Características:

- Mesurando: de oxígeno
- Tipo de gas: de nitrógeno, para hidrógeno, de CO2
- Tipo de protección: antideflagrante

### Descripción

Un analizador robusto, lineal y estable del oxígeno para las medidas en gases tales como bióxido del hidrógeno, del nitrógeno o de carbono. El sensor se contiene



en una cubierta rugosa IP66, haciéndolo conveniente para una amplia gama de usos. Cuando está proveído de los pararrayos de llama, el analizador llega a ser a prueba de explosiones y conveniente para el uso en áreas peligrosas.

#### Características de producto

- Acuerdo y diseño rugoso con un recinto de EExd y una salida aislada de 4-20 mA
- ATEX, IECEx, cCSAus TC, TR y área peligrosa ex certificados
- La exhibición del Touch-screen permite la calibración o el ajuste sin la necesidad de un permiso de trabajos caliente
- El error intrínseco (exactitud) es mejor del 1% a gama completa
- Estabilidad cero mejor de 0.25% del palmo del palmo por mes
- Protección creciente contra la contaminación debido al diseño de la célula
- Bajo costo de la propiedad debido al mantenimiento mínimo y a ningunas piezas consumeable
- Se extiende disponible: 0-1% hasta 0-50% y 20, 80 o 90-100%

#### **Válvulas solenoides**

En nuestra planta se necesitan 5 válvulas solenoides todas sometidas a una presión de 6 bares. De las cuales cuatro deben tener un diámetro nominal de 1", por las cuales circulará agua tratada. La quinta válvula debe tener un diámetro nominal de ¾", por la cual circulará hidrógeno.



Elegimos las válvulas solenoides de dos vías serie 1342, de la empresa argentina Jefferson Sudamericana S.A.

## Uso General

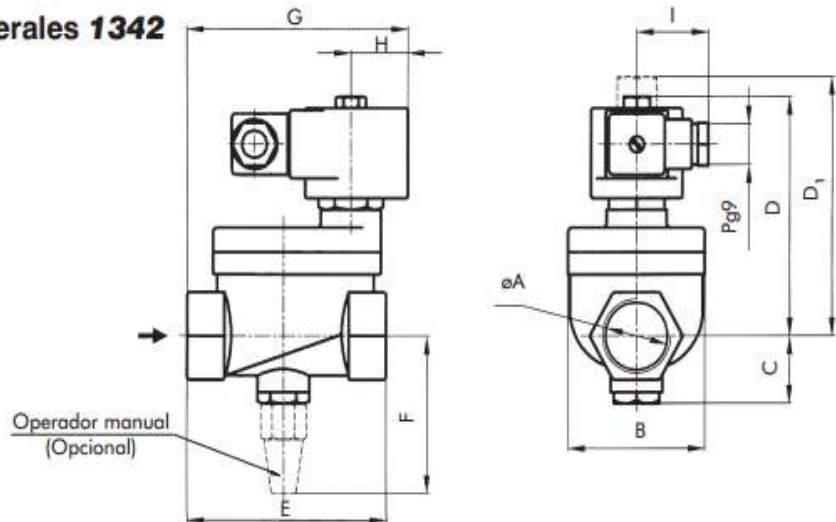
Nº de Serie	Página	Ø de Conexión en pulgadas									Máximas Temp. °C			Δp bar		Δp psi		Fluidos o Aplicaciones típicas						
		1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	80	150	180	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Aire y Gases Inertes	Agua y Líq. Livianos	Acéites Térmicos	Vapor	Oxígeno	Gasolina
1314	B-2										○	○	○	0	15	0	225	A	A	T	T	N	V	A-V
1327	B-4										○	○	○	0	100	0	1500	A	A	T	T	N	V	A-V
1335	B-6										○	○		0	10	0	150	A	A	V	E	N	V	A-V
1342	B-8										○	○	○	0.2	17	3	255	A	A	T	T	N	V	-
1390	B-10										○	○	○	0.1	15	1.5	225	A	A	T	T	N	V	-
1393	B-12												○	0	4	0	60	T	T	T	T	-	-	-
2026	B-14										○	○		0	50	0	750	A	A	-	E	N	V	A-V
2036	B-16										○			0.2	15	3	225	A	A	-	-	-	-	-
2036V	B-16											○		0.3	10	4.5	150	-	-	-	T	-	-	-

**Nota: 1327, 1335, 1342, 1390 NC y NA.**

Características principales: Normalmente cerrada y normalmente abierta.

Servo operada. Conexiones roscadas de 3/4" a 3" BSP o NPT. Cuerpo de latón forjado o acero inoxidable. Tubo de deslizamiento de SS. 304 y 316. Núcleo móvil y núcleo fijo de SS. 430 F. Espira de sombra de cobre, plata o aluminio.

## Dimensiones generales 1342



øA	B	C	D	D <sub>1</sub>	E	F	G	H	I
R 3/4"	52	26	104	114	71	68	84	27	35
R 1"	67	30	108	118	96	72	104		
R 1,1/2"	81	36	119	129	114	79	122		
R 2"	97	44	125	135	128	85	138		
R 2,1/2"-3"	163	89	214	224	224	170	134		

Dimensiones en mm

øA	B	C	D	D <sub>1</sub>	E	F	G	H	I
R 3/4"	2,05	1,02	4,09	4,49	2,80	2,68	3,31	1,06	1,38
R 1"	2,64	1,18	4,25	4,65	3,78	2,83	4,09		
R 1,1/2"	3,19	1,42	4,69	5,08	4,49	3,11	4,80		
R 2"	3,82	1,73	4,92	5,31	5,04	3,35	5,43		
R 2,1/2"-3"	6,42	3,50	8,43	8,82	8,82	6,69	5,28		

Dimensiones en ins.

## Datos de la bobina

Tipo de corriente	Código	Potencia W	VA (volt-amper)		Temperatura máxima		Tensiones
			Arranque	Sosten.	°C	°F	
CA 50 Hz	MF11C	11	40	22	155	311	1
	MH11C	11	40	22	180	356	1
CA 60 Hz	MF13C	13	45	27	155	311	2
	MH13C	13	45	27	180	356	2
CC	MH19C	19	19	19	180	356	3

1-(12,24,110,220,240)V 2-(12,24,110,120,220,240)V 3-(12,24,110,220)V

## Aplicaciones según el material del asiento.

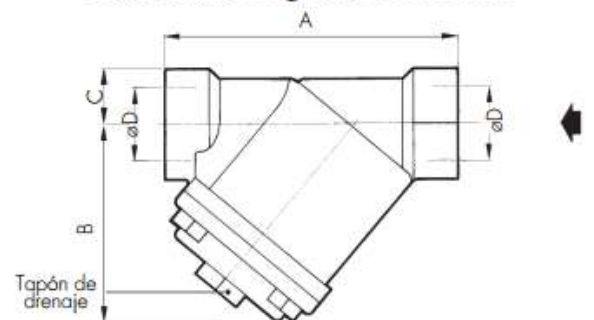
Material del asiento	Buna "N"	Neoprene	EPDM	FKM	PTFE
Temperatura máxima	+80 °C / 176 °F	+80 °C / 176 °F	+145 °C / 293 °F	+150 °C / 302 °F	+180 °C / 356 °F
Usos	Agua, aire, aceites livianos. Gases neutros. Querosene. Bajo y medio vacío.	Oxígeno, alcohol, argón, otros gases y líquidos livianos no corrosivos. Freón 12	Vapor de agua, agua caliente, acetona.	Bencinas, naftas, aromáticos, benceno, etc. Gases calientes. Gasoil	Vapor de agua, aceites calientes, fluidos corrosivos.

## Filtro de agua

Nuestra planta tiene dos filtros de agua. Elegimos el filtro Y de la empresa argentina Jefferson Sudamericana S.A.



### Dimensiones generales 1359



A	B	C	D(ø)
80	60	16	1/2"
100	78	18	3/4"
120	95	21	1"
150	121	32	1,1/2"
180	165	39	2"

Dimensiones en mm

A	B	C	D(ø)
3,15	2,36	0,63	1/2"
3,93	3,07	0,70	3/4"
4,72	3,74	0,82	1"
5,90	4,76	1,26	1,1/2"
7,08	6,49	1,53	2"

Dimensiones en ins.

Características principales: Cuerpo de fundición gris. Elemento filtrante tipo canasta con doble malla de acero inoxidable. Capacidad de retención de partículas desde 100 micrones. Por sus características de diseño asegura el filtraje del 100% del producto. Tapa bridada con conexión de drenaje.

### Especificaciones técnicas

Ø conex. ins.	Factor de flujo		Δp Maximo		Peso		Temperatura máxima		Catálogo Nº.
	Kv	Cv	bar	psi	kg	Lb	°C	°F	
1/2	6	7			0,5	1,1			1359FS04
3/4	12	14			1	2,2			1359FS06
1	19	22	10	150	1,6	3,5	180	356	1359FS08
1,1/2	40	47			3	6,6			1359FS12
2	65	76			5,2	11,5			1359FS16

## Válvulas de retención

Nuestra planta tiene dos Válvulas de retención .Elegimos los filtro Y de la empresa Asahi/America.

Las válvulas de retención de columpio tienen un cuerpo termoplástico sólido con una gran "aleta" que se asienta contra el cuerpo de la válvula. Las válvulas de retención de columpio ofrecen una amplia zona de fluido con un bonete desmontable que permite limpiar el cuerpo de la válvula sin quitar la válvula de la tubería. Esto es beneficioso para las instalaciones que puedan contener desechos u otros elementos que potencialmente podrían obstruir la válvula. Las válvulas de retención se utilizan en aplicaciones donde es esencial asegurar que el flujo de fluidos pase solo en una dirección. Las válvulas de retención pueden montarse en dirección vertical u horizontal; la única restricción es una contrapresión mínima que se requiere para asentar correctamente la válvula de retención. Las asistencias de muelle y los mecanismos de palanca y contrapeso son opciones disponibles que ayudan a que la válvula se cierre más rápido, lo que reduce las preocupaciones relacionadas con el golpe de ariete.



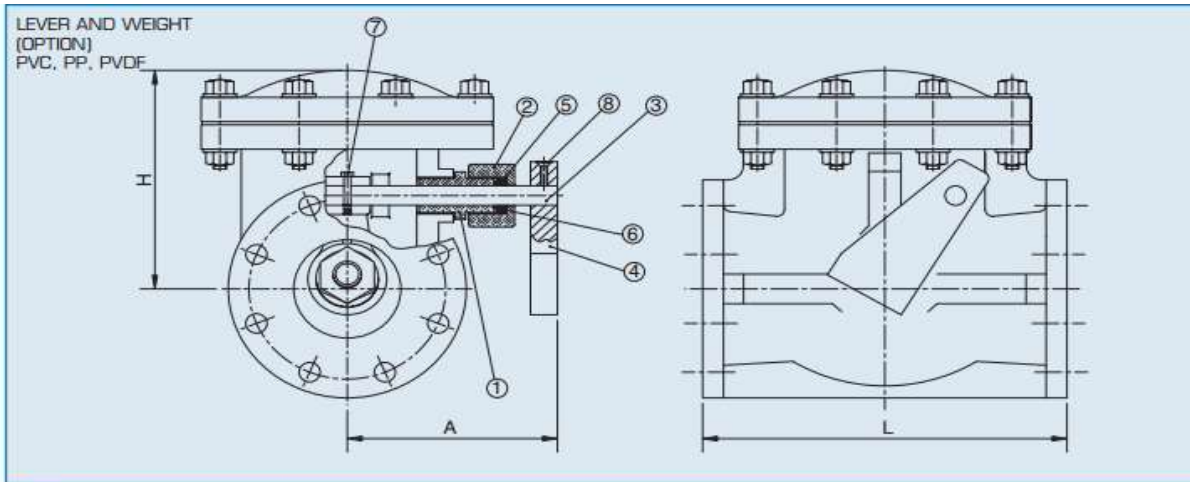
Specifications	
<b>Sizes:</b>	3/4" – 8"
<b>Models:</b>	Flanged (ANSI) Connection Only Lever and Weight or Spring Assist Option
<b>Bodies:</b>	HI-PVC, PP and PVDF
<b>Seats:</b>	EPDM, FKM, PTFE
<b>Seal:</b>	EPDM, FKM, PTFE

Recomendable para aplicaciones en: Entradas/Salidas de tanques, prevención de contraflujo en una bomba, mezcla unidireccional, mitigación de golpe de ariete, compensación de presión, admisiones de proceso; utilizados en las industrias:

procesamiento químico, plantas de blanqueo, acuarios, minería, tratamiento de aguas, rellenos sanitarios, piscinas, plantas de energía

Características y Ventajas:

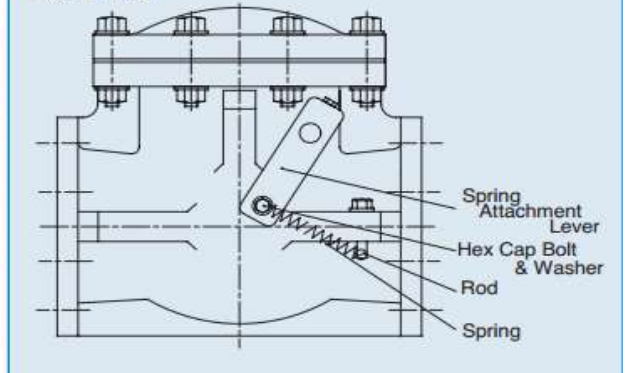
- Resistencia mínima del flujo: caída de presión baja
- Instalación horizontal o vertical
- Todos los tamaños tienen capacidad nominal para servicio al vacío completo
- Contrapresión mínima para asentar firmemente el disco
- La cubierta de acceso superior facilita el mantenimiento sin retirar el cuerpo de la tubería
- Cuerpo totalmente termoplástico
- Todas las piezas de PVC están hechas de PVC de alto impacto
- Las válvulas de PVC y PP vienen con sellos de EPDM (n.º de pieza 5j, 5 k, 6 y 7) de forma estándar
- Válvulas de PVDF, n.º de pieza 5j y 7 de PTFE y 6 de EPDM enlazado con PVDF
- Válvulas de PP de 3/4 de pulgada provistas de anillo 1<sup>a</sup>



**Dimensions** (Lever & Weight/External Spring) (in.)

NOMINAL SIZE		A	H	
INCHES	mm		PVC, PP	PVDF
3/4	20	4.0	3.43	3.54
1	25	4.5	4.72	4.72
1-1/2	40	5.0	5.43	5.43
2	50	5.5	6.46	6.46
2-1/2	65	6.0	6.61	6.61
3	80	6.5	6.73	6.73
4	100	8.0	8.39	8.39
5	125	10.0	9.76	9.76
6	150	10.5	11.14	11.14
8	200	12.0	13.23	13.23

SPRING ASSIST  
(OPTION)  
PVC, PP, PVDF



**Pressure vs. Temperature** (psi, water, non-shock)

NOMINAL SIZE		PVC	PP	PVDF
		EPDM/FKM/PTFE	EPDM/FKM/PTFE	EPDM/FKM/PTFE
		30° F 120° F	-5° F 175° F	-5° F 210° F
INCHES	mm			
3/4	20	150	150	150
1	25	150	150	150
1-1/2	40	150	150	150
2	50	150	150	150
2-1/2	65	150	150	150
3	80	150	150	150
4	100	100	100	100
5	125	100	100	100
6	150	100	100	100
8	200	70	70	70

## **Estudio y Evaluación económica**

### **Costo y precio**

El precio del H<sub>2</sub>, dependerá del sistema de producción y fundamentalmente del costo de transporte del GH. Como el costo de transporte es tan alto (por la baja densidad energética del GH) normalmente se opta por la producción en el lugar de demanda. Las 4 grandes empresas productoras y comercializadoras en Argentina pueden ofrecer el servicio de producción "onsite", haciéndose cargo de la pequeña/ mediana planta que demande cada empresa consumidora. Esa solución será función de la distancia de transporte y como siempre, habrá una distancia de corte a partir de la cual, para cada caso, convendrá instalar una planta "onsite".

Advertimos que el costo de transporte por Nm<sup>3</sup> GH puede superar ampliamente el costo del producto, dependiendo de los factores antes mencionados, volumen de demanda y distancia de provisión.

Es por esa razón que no podemos ofrecer valores de referencia del H<sub>2</sub> en nuestro país.

Cuando el volumen de la demanda de H<sub>2</sub> es muy grande se recurre a hidrogenoductos, también llamados hidroductos. Son muy seguros y algunos han sobrevivido a los bombardeos de la II GM en Alemania, que actualmente opera una red de 470 k. Sólo la UE posee más de 1800 km y USA más de 2.800 km de hidrogenoductos.

### **Costo del hidrógeno por kilogramo**

Existen muchas maneras diferentes de producir y distribuir el hidrógeno. El costo del hidrógeno por kilogramo depende de muchos factores, por ejemplo, si se produce a partir de gas natural, de energía eólica, nuclear, solar, o de alguna otra manera. Si se produce a partir de gas natural, el costo del hidrógeno dependerá de si



es generado directamente en la estación de combustible o si es producido fuera del sitio y luego entregado por camión. En el caso que se produzca hidrógeno a partir de energía eólica, se deberá saber a qué distancia está la estación de servicio de hidrógeno de la instalación de producción de energía eólica y de la generación de hidrógeno.

### Consideraciones para la estimación de costos

Antes de proporcionar las cifras de costos, deben ser mencionados algunos aspectos:

1. Los impuestos están incluidos.

El costo promedio de impuestos a la nafta en los EE.UU. es actualmente de alrededor de \$ 0,50 por galón.

Puesto que un kilogramo de hidrógeno en una celda de combustible impulsará un vehículo aproximadamente 2,5 veces más lejos que un galón de nafta en un motor de combustión interna, el valor medio actual de los impuestos a la nafta se ha multiplicado por 2,5 para obtener una cifra de 1,25 dólares por kilogramo de hidrógeno destinado a los impuestos

2. En las estimaciones de costos, se supone que la producción es en masa.

3. No se considera ninguna subvención.

Por ejemplo, el costo de la energía eólica que se utiliza en la estimación de más abajo de viento-hidrógeno es de alrededor de 7 centavos de dólar por kilovatio-hora (lo que, multiplicado por los cerca de 50 kilovatios-hora de electricidad que se necesita para producir un kilogramo de hidrógeno por electrólisis sería igual a \$ 3,50 para la los costos de energía).

Se trata de una cifra de costo no subsidiado para la electricidad producida en grandes parques eólicos.

4. Como punto de referencia puede considerarse que hidrógeno (probablemente a partir de gas natural) fue vendido por 8,18 dólares por kilogramo en la estación Shell Road Benning de Washington DC en septiembre de 2008.

Además, el hidrógeno producido a partir de la energía hidroeléctrica se vendió por 6,28 dólares por kilogramo en Noruega en mayo de 2009.

5. No hay absolutamente ninguna manera de saber cuál sería el costo exacto del hidrógeno en estos momentos en los escenarios siguientes si millones de automotores de celdas de combustible de hidrógeno estuviesen circulando en las rutas.

Las estimaciones siguientes son conjeturas basadas en lo que se ha aprendido en los últimos cinco años.

Costo estimado de hidrógeno por kilogramo en una variedad de escenarios  
 Con todo esto en mente, he aquí las estimaciones de costos por kilogramo (que incluyen cada uno \$ 1,25 para impuestos):

<b>Modo de producción</b>	<b>Costo</b>
<b>Hidrógeno a partir de gas natural (producido mediante reformado con vapor en la estación de abastecimiento de combustible)</b>	<b>\$ 4 - \$ 5 por kilogramo de hidrógeno</b>
<b>Hidrógeno a partir de gas natural (producido mediante reformado con vapor fuera de sitio y entregado por camión)</b>	<b>\$ 6 - \$ 8 por kilo de hidrógeno</b>

<b>Hidrógeno a partir del viento (a través de la electrólisis)</b>	<b>\$ 8 - \$ 10 por kilogramo de hidrógeno</b>
<b>De hidrógeno a partir de energía nuclear (a través de la electrólisis)</b>	<b>\$ 7,50 - \$ 9,50 por kilogramo de hidrógeno</b>
<b>Hidrógeno a partir de energía nuclear (vía ciclos termoquímicos - suponiendo que la tecnología funciona a gran escala)</b>	<b>\$ 6,50 - \$ 8,50 por kilogramo de hidrógeno</b>
<b>Hidrógeno a partir de energía solar (a través de la electrólisis)</b>	<b>\$ 10 - \$ 12 por kilogramo de hidrógeno</b>
<b>Hidrógeno a partir de energía solar (a través de ciclos termoquímicos - suponiendo que la tecnología funciona a gran escala)</b>	<b>\$ 7,50 - \$ 9,50 por kilogramo de hidrógeno</b>

Todos los costos aquí están expresados en dólares estadounidenses (\$)

Como se mencionó anteriormente, un costo de hidrógeno de \$ 4 a \$ 12 por kilogramo es equivalente a \$ 1,60 a \$ 4,80 por galón de nafta.

Respecto del gas de alta pureza en cilindros puede costar unos 180 pesos el Nm<sup>3</sup>, es decir unos 1100 Pesos el cilindro de alta pureza

## **Estudio Económico**

Su objetivo es determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de la planta, así como otra serie de indicadores que servirán como base para la evaluación económica.

### **Inversión total inicial**

La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles e intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

Se entiende por activo tangible (que se puede tocar) o fijo, los bienes propiedad de la empresa.

Se entiende por activo intangible el conjunto de bienes y propiedades de la empresa necesarios para su funcionamiento, y que incluyen: nombres comerciales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos preoperativos y de instalación y puesta en marcha, contratos de servicios, etc.

En la siguiente tabla se resumen los costos de los equipos instalados:

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (USD)</b>	<b>Precio Total (USD)</b>
<b>Bomba centrífuga</b>	2	11150	22300
<b>Compresor</b>	1	853951	853951
<b>Electrolizador</b>	1	2.836	2.836
<b>Inversor(CC/CA)</b>	1	1701	1701
<b>Sistema de control</b>	1	1134	1134
<b>Paneles solares fotovoltaico de 230W</b>	87600	937.04	82084704
		<b>TOTAL</b>	<b>82.966.626</b>

Por lo tanto el costo total de los equipos es de USD 82.966.626. Basándonos en el libro “Plant Design and Economics for Chemical Engineers” de Peters & Timmershaus, se pueden considerar los costos directos e indirectos:

<b>Costo directo</b>		<b>% sobre lo adquirido</b>		<b>Subtotal</b>
Equipo adquirido				82.966.626,00
Equipo instalado		15,00		12.444.993,90
Instrumentación y control		18,00		14.933.992,68
Cañerías y tuberías		30,00		24.889.987,80
Instalación eléctrica		11,00		9.126.328,86
Obra civil		18,00		14.933.992,68
Mejoras del terreno		10,00		8.296.662,60
Instalación de servicios		30,00		24.889.987,80
<b>Costo total</b>				<b>192.482.572,32</b>

directo				
<b>Costo indirecto</b>		<b>% costo indirecto</b>		<b>Subtotal</b>
Ingeniería		11,00		9.126.328,86
Costo total indirecto				9.126.328,86
Costo total				201.608.901,18

<b>Inversión Capital Fijo</b>		<b>Total</b>
Costo total (directo + indirecto)		201.608.901,18
Honorarios del contratista (5% del costo total)		10.080.445,06
Eventuales (5% del costo total)		10.080.445,06
<b>Inversión Capital Fijo</b>		<b>221.769.791,30</b>

- ❖ Eventuales: son los eventos imprevisibles. Por ejemplo: tormentas, huelgas, cambios en el diseño.
- ❖ Inversión de capital Fijo: se denomina al capital necesario para adquirir e instalar los equipos destinados al proceso.

**Activo circulante= inventarios + cuentas por cobrar + caja y bancos**

- ❖ Inventarios: Suma del precio de los productos obtenidos en 30 días.

Producto terminado:

Producto	Ton/día
Hidrogeno	20,5479

Producto	USD/Ton
Hidrógeno	12000

$$\frac{20.5479 \frac{\text{Ton}}{\text{día}} * 365 \text{días}}{12} = 625 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}}$$

$$625 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} * 12000 \frac{\text{USD}}{\text{Ton}} * 1 \text{mes} = 7.500.000 \text{ USD}$$

- ❖ Cuentas por cobrar: Inversión necesaria como consecuencia de vender a crédito, lo cual depende de las condiciones de crédito, es decir, del período promedio de tiempo (p.p.r) en que la empresa recupera el crédito. La fórmula contable es la siguiente:

$$CxC = \text{cuentas por cobrar} = \left( \frac{\text{ventas. anuales}}{365} \right) * p.p.r$$

$$CxC = \text{cuentas por cobrar} = \left( \frac{(7500000 * 12)}{365} \right) * 30$$

$$CxC = 7.397.260,27 \text{ USD}$$

- ❖ **Caja y bancos:** se considera entre un 10 y 20% del monto total invertido en inventarios y cuentas por cobrar.

$$Cajaybancos = 0.2 * (\text{inventarios} + CxC)$$

$$Cajaybancos = 0.2 * (7500000 + 7397260)$$

$$Cajaybancos = 29794520.5$$

**Pasivo circulante:** se define como los créditos a corto plazo en conceptos como impuestos, algunos servicios y proveedores.

Un criterio apropiado para el cálculo es tomar como base el valor de la tasa circulante.

$$T_c = \left( \frac{\text{activo. circulante}}{\text{pasivo. circulante}} \right)$$

Para la evaluación de proyectos es aconsejable utilizar una  $T_c$  mayor a 3.



En la siguiente tabla se resumen los montos previamente detallados, para el cálculo del capital de trabajo (las unidades son USD):

<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	
<b>Inventario</b>	
<b>Producto Terminado/mes</b>	7.500.000,00
<b>INVENTARIO</b>	7.500.000,00
<b>Cuentas por Cobrar</b>	
<b>ppr (periodo promedio de recuperación)</b>	30,00
<b>CxC=(ventas/365)*ppr</b>	7.397.260,27
<b>Caja y Bancos</b>	
<b>20% de (CxC + Inventario)</b>	2.979.452,05
<b>Activo Circulante</b>	17.876.712,33
<b>Pasivo Circulante</b>	5.958.904,11
<b>Capital de trabajo</b>	11.917.808,22

## Costos de producción

### Costos fijos

El sueldo del resto de los trabajadores se ha calculado mediante un estimador online. Para todos los casos se ha tenido en cuenta que los salarios que figuran en la web son los sueldos brutos para los empleados, debiendo incrementarse en un 25% para tener en cuenta los aportes patronales destinados a la obra social, ART, Fondo de Empleo, entre otros. Asimismo, cada empleado cobra anualmente 13 sueldos de manera de tener en cuenta el aguinaldo.

En la siguiente tabla se resumen los sueldos de la mano de obra de operación, del personal del sector ejecutivo y administrativo implicada en nuestro proyecto.

<b>Tipo de personal</b>	<b>Cantidad de personal</b>	<b>Sueldo USD/mes</b>	<b>Sueldo USD/año</b>
<b>Gerente</b>	1	2350	28200
<b>Administrativo</b>	2	1700	20400
<b>Medico</b>	1	2000	24000
<b>Seguridad (3 turnos)</b>	4	3200	38400
<b>Operarios (3 turnos)</b>	8	5400	64800
<b>Mantenimiento</b>	1	900	10800
<b>Supervisor (3 turnos)</b>	4	6235	74800
<b>Analista laboratorio (3 turnos)</b>	8	6400	76800
<b>Total</b>	29	28.185	<b>338.200</b>

Por lo tanto los costos fijos son:

<b>Costos fijos</b>	
<b>Costos fijos</b>	<b>USD/año</b>
<b>Depreciación (10% activo fijo)</b>	8.296.662,60
<b>Impuestos (3% capital fijo)</b>	150.000,00
<b>Seguros (1% inversión fija)</b>	2.217.697,91
<b>Mano de obra</b>	338.200,00
<b>Costos administrativos (12% de la mano de obra)</b>	40.584,00
<b>Total costos fijos</b>	<b>11.043.144,51</b>

Costos Variables

<b>Mantenimiento Calibración y reparación (operando al 100% de la capacidad instalada)</b>	
2% inversión de capital fijo	4.435.395,83
<b>Patentes, gastos de laboratorio y repuesto (operando al 100% de la capacidad instalada)</b>	
4% inversión de capital fijo	8.870.791,65
<b>Total</b>	<b>13.306.187,48</b>

Los costos totales según el programa de producción en el horizonte del proyecto (fijado en 10 años) serán entonces:

<b>Costos totales de producción</b>			
<b>Año</b>	<b>Costos Variable</b>	<b>Costos Fijos</b>	<b>Costo total</b>
<b>1,00</b>	11.975.568,73	17.546.238,25	29.521.806,98
<b>2,00</b>	12.640.878,10	17.546.238,25	30.187.116,35
<b>3,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>4,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>5,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>6,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>7,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>8,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>9,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73
<b>10,00</b>	13.306.187,48	17.546.238,25	30.852.425,73

Ventas

Ingreso por ventas Año	% Capacidad instalada	UDS/año
1	90	81.000.000
2	95	85.500.000
3	100	90.000.000
4	100	90.000.000
5	100	90.000.000
6	100	90.000.000
7	100	90.000.000
8	100	90.000.000
9	100	90.000.000
10	100	90.000.000

---

## Punto de Equilibrio

El análisis del punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios.

El punto de Equilibrio es el nivel de producción en el que son exactamente iguales los beneficios por ventas a la suma de los costos fijos y los variables.

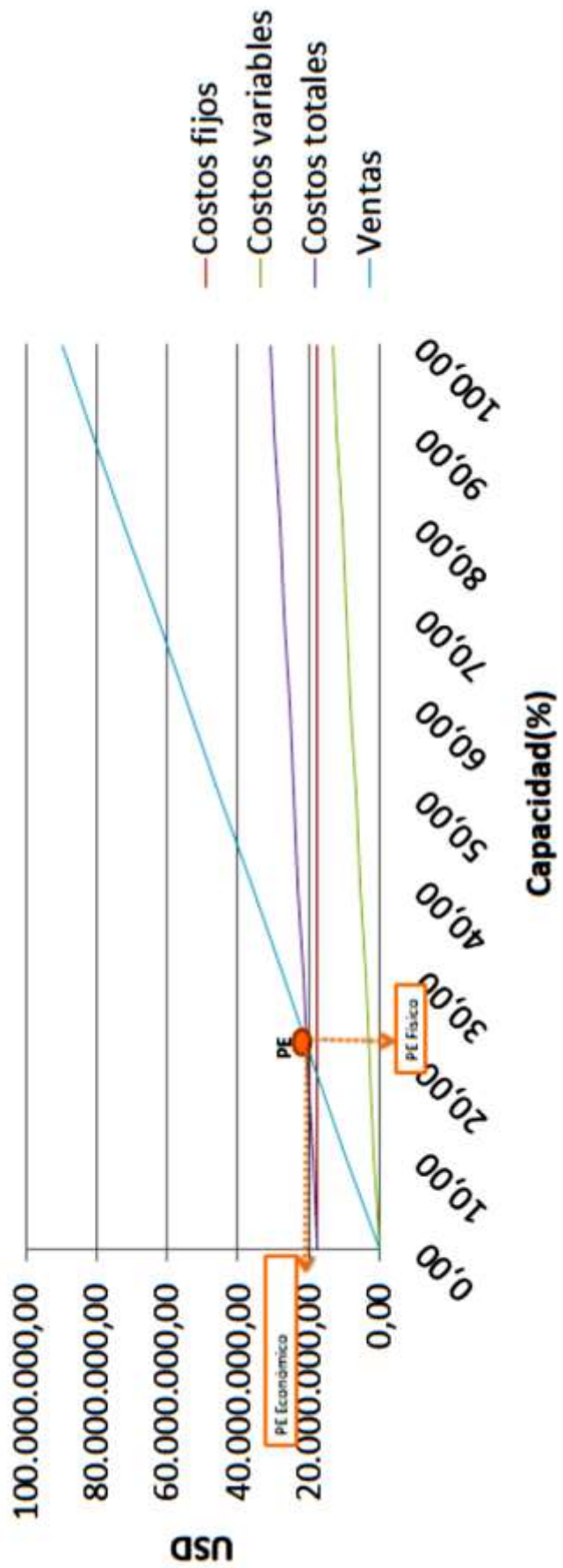
$$Pe = \frac{C_f}{\left[1 - \left(\frac{C_v}{V}\right)\right]}$$

Costos fijos (U\$S)	17.546.238,25
Costos variables (U\$S)	13.306.187,48
Costos totales (U\$S)	30.852.425,73
Ingresos por ventas (U\$S)	90.000.000,00
Punto de equilibrio económico (U\$S)	20.590.467,35
Punto de equilibrio físico (%)	22,88

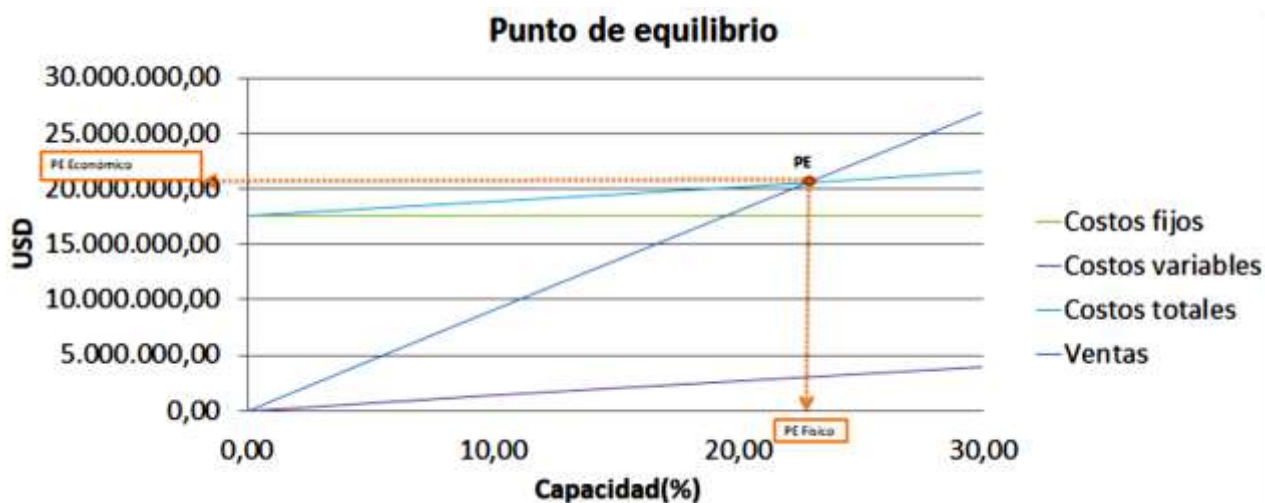
Del gráfico, el punto de equilibrio físico se encuentra a una capacidad del 22,88%, es decir, al producir 1716 Ton de hidrógeno al año. Y el punto de equilibrio económico es 20.590.467,35 dólares. Si el producto puede ser vendido en mayores cantidades de las que arroja el punto de equilibrio tendremos entonces que la empresa percibirá beneficios. Si por el contrario, se encuentra por debajo del punto de equilibrio, tendrá pérdidas.

<b>Capacidad</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Costos totales</b>	<b>Ventas</b>
<b>0,00</b>	17.546.238,25	0,00	17.546.238,25	0,00
<b>10,00</b>	17.546.238,25	1.330.618,75	18.876.857,00	9.000.000,00
<b>20,00</b>	17.546.238,25	2.661.237,50	20.207.475,75	18.000.000,00
<b>30,00</b>	17.546.238,25	3.991.856,24	21.538.094,49	27.000.000,00
<b>40,00</b>	17.546.238,25	5.322.474,99	22.868.713,24	36.000.000,00
<b>50,00</b>	17.546.238,25	6.653.093,74	24.199.331,99	45.000.000,00
<b>60,00</b>	17.546.238,25	7.983.712,49	25.529.950,74	54.000.000,00
<b>70,00</b>	17.546.238,25	9.314.331,23	26.860.569,48	63.000.000,00
<b>80,00</b>	17.546.238,25	10.644.949,98	28.191.188,23	72.000.000,00
<b>90,00</b>	17.546.238,25	11.975.568,73	29.521.806,98	81.000.000,00
<b>100,00</b>	17.546.238,25	13.306.187,48	30.852.425,73	90.000.000,00

### Punto de equilibrio







### Conclusiones del Estudio económico

En el estudio económico presentado se ha obtenido un costo de inversión total para la implementación del proyecto de 221769791,3 dólares. Los costos de producción anual son de 30852425,73 dólares por año, y los ingresos por producción anual de 90000000 dólares.

Se puede apreciar que los costos de producción son inferiores a los ingresos obtenidos, lo cual es un buen indicador de la solvencia económica del proyecto.

## **Evaluación económica**

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. La rentabilidad del mismo se podrá conocer con la determinación y el análisis de algunos indicadores económicos.

Para el tratamiento de los mismos se confecciona en primer lugar la tabla de flujo de fondos (FNE) considerando dos escenarios distintos: proyecto sin financiamiento y proyecto con un 50% de financiamiento, calculándose en cada caso el valor de la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR), el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), los cuales permitirán evaluar si la implementación del proyecto será rentable o no.

### **Análisis económico sin financiamiento:**

En forma general, se proyectan los costos e ingresos por ventas en los 10 años del proyecto, dependiendo de la capacidad operativa, que en este caso particular será siempre del 100%. En el año 0 se supone que se realiza la inversión de capital inicial.

En primer lugar se calculan los ingresos netos de la empresa, resultado de restar a los ingresos por ventas, los ingresos brutos, los cuales equivalen a un 6% de los ingresos por ventas. Luego, la utilidad bruta se obtiene de restar los costos totales de producción a los ingresos netos. Una vez calculada la utilidad bruta, se considera el impuesto a las ganancias dando como resultado la utilidad neta. A la utilidad neta se le suma la amortización, la cual equivale al 10% del activo fijo, para dar como resultado el flujo de fondo anual.

Luego se procede al cálculo de los flujos descontados, aplicando la TMAR como se explicará posteriormente.

### **Análisis con financiamiento del 50 % (tasa de interés 10 %)**

Para la inversión inicial se solicitará un crédito por valor del 50 % de la misma, a una tasa de interés del 10 % sobre saldos. El préstamo se amortizará en 10 años con pagos anuales iguales, comenzando a pagar el año en que se pone en marcha la planta.

Para calcular el pago utilizaremos la siguiente fórmula:

$$A = P * \frac{[i * (1 + i)^n]}{[(1 + i)^n - 1]}$$

Donde

A= pago

P= monto del préstamo

i= interés bancario

n= años

Financiamiento	0,50
Anualidad	-16.946.006,13
Tasa de interés	<b>0,10</b>
Monto del préstamo	-110.884.895,65

### **Tabla de pago de la deuda**

Año	Interés	Pago de fin de año	Pago principal	Deuda después del pago
<b>0,00</b>				-110.884.895,65
<b>1,00</b>	-11.088.489,56	-16.946.006,13	5.957.516,56	-104.927.379,08
<b>2,00</b>	-10.492.737,91	-16.946.006,13	7.243.268,22	-97.684.110,86
<b>3,00</b>	-9.768.411,09	-16.946.006,13	8.587.595,04	-89.096.515,82
<b>4,00</b>	-8.909.651,58	-16.946.006,13	9.696.354,55	-79.400.161,28
<b>5,00</b>	-7.940.016,13	-16.946.006,13	10.575.990,00	-68.824.171,27
<b>6,00</b>	-6.882.417,13	-16.946.006,13	11.233.589,00	-57.590.582,27
<b>7,00</b>	-5.759.058,23	-16.946.006,13	12.976.947,90	-44.613.634,37
<b>8,00</b>	-4.461.363,44	-16.946.006,13	14.014.642,69	-30.598.991,68
<b>9,00</b>	-3.059.899,17	-16.946.006,13	15.256.106,96	-15.342.884,72
<b>10,00</b>	-1.534.288,47	-16.946.006,13	15.342.884,72	0,00

Dado que nuestro proyecto es de carácter social se supone un subsidio del 50% del gobierno

FLUJO DE FONDO ANUAL	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
+Ingresos por ventas		81.000.000	85.500.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000
- ingresos brutos (3% ingreso por ventas)		2.430.000	2.565.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000
Ingresos netos		78.570.000	82.935.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000
-Costos totales		30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426
-Amortización		8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663
Total costos		39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088
Utilidad bruta		39.420.912	43.785.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912
-Impuesto a las ganancias (35% utilidad bruta)		13.797.319	15.325.069	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819
Utilidad neta		25.623.593	28.460.843	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093
+Amortización (10% de activo fijo)		8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663
-Inversión de capital fijo	-221.769.791										
-Capital de trabajo	-11.917.808										11.917.808
FLUJO DE FONDO	-233.687.600	33.920.255	36.757.505	39.594.755	39.594.755	39.594.755	39.594.755	39.594.755	39.594.755	39.594.755	51.512.563
Flujos descontados		-199.767.344	-163.009.839	-123.415.084	-83.820.329	-44.225.574	-4.630.818	34.963.937	74.558.692	114.153.447	165.666.011

FLUJO DE FONDO ANUAL C/ FINANCI	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
+Ingresos por ventas		81.000.000	85.500.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000	90.000.000
-ingresos brutos (3% ingreso por ventas)		2.430.000	2.565.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000	2.700.000
Ingresos netos		78.570.000	82.935.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000	87.300.000
-Costos totales		30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426	30.852.426
-Amortización		8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663
Total costos		39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088	39.149.088
Utilidad bruta		39.420.912	43.785.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912	48.150.912
-Impuesto a las ganancias (35% utilidad bruta)		13.797.319	15.325.069	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819	16.852.819
Utilidad neta		25.623.593	28.460.843	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093	31.298.093
+Amortización (10% de activo fijo)		8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663	8.296.663
-Inversión de capital fijo	-110.884.895										
-Capital de trabajo	-11.917.808										11.917.808
-Pago de deuda		-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006	-16.946.006
FLUJO DE FONDO	-122.802.703	16.974.249	19.811.499	22.648.749	22.648.749	22.648.749	22.648.749	22.648.749	22.648.749	22.648.749	34.566.557
Flujos descontados		-105.828.455	-86.016.956	-63.368.207	-40.719.458	-16.070.709	5.078.040	27.726.790	50.375.539	73.024.288	107.590.845

### Valor actual neto (VAN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Esto equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir estas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VAN sea mayor que cero.

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

P = Inversión de capital inicial.

FNE = Flujo neto de efectivo anual.

i = TMAR.

n = número de años

**Sin financiamiento:**

$$TMAR = i + f + (i * f)$$

Donde

$i$  = premio al riesgo

$f$  = inflación

Esto significa que la TMAR que le pedimos a una inversión debe ser calculada sumando dos factores: primero, debe ser tal la ganancia que compense los efectos inflacionarios; y en segundo término, debe ser un premio o sobretasa por arriesgar el dinero en la inversión. El premio al riesgo se puede considerar como la tasa de crecimiento real del dinero invertido, habiendo compensado los efectos inflacionarios. Debe estar entre un 10 y 15 %.

$$TMAR = 10\%$$

$$VAN = \text{U\$} 6.696.390,67$$

### **Con financiamiento del 50%**

La TMAR en este caso será un promedio ponderado de las aportaciones porcentuales y TMAR exigidas en forma individual.

$$TMAR = 10\%$$

$$VAN = \text{U\$} 14.455.414,49$$

### **Tasa interna de retorno (TIR)**

Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Es decir, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Se llama Tasa Interna de Retorno porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generado en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión.

El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR establece que: si ésta es mayor que la TMAR, se acepta la inversión. Esto significa que, si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable.

$$P = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

### **Sin Financiamiento**

TMAR	10%
VAN	U\$S 6.696.390,67
TIR	11%

Al ser la TIR mayor que la TMAR, el proyecto es rentable sin financiamiento, es decir que se genera un valor más allá de lo esperado.



## Con Financiamiento

TMAR	10%
VAN	U\$S 14.455.414,49
TIR	13 %

Al ser la TIR mayor que la TMAR, el proyecto es rentable con financiamiento, es decir que se genera un valor más allá de lo esperado.

### Período de retorno:

Es el tiempo en el que se recupera la inversión inicial.

$$\text{Periodo. de. Retorno} = \frac{(\text{Inversión. total. de. Capital})}{(\text{Ganancia. media/año})}$$

## Sin Financiamiento

$$Pr = 6 \text{ años Y } 1 \text{ meses}$$

## Con Financiamiento

$$Pr = 5 \text{ años y } 7 \text{ meses}$$

## Conclusión

***Podemos concluir, entonces, luego de la evaluación económica realizada, que el proyecto de producción de Hidrogeno a partir de Energía solar fotovoltaica, es rentable con y sin financiamiento.***

# **Evaluación de Impacto Ambiental**

## **Objetivo**

La evaluación de impacto ambiental es un instrumento de la política ambiental, cuyo objetivo es prevenir, mitigar y restaurar los daños al ambiente así como la regulación de obras o actividades para evitar o reducir sus efectos negativos en el ambiente y en la salud humana. A través de este instrumento se plantean opciones de desarrollo que sean compatibles con la preservación del ambiente y manejo de los recursos naturales.

El objetivo de la evaluación del impacto ambiental es la sustentabilidad, pero para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales

El presente estudio comprende la evaluación del impacto ambiental de la producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica, ubicado en el Parque Industrial de General Güemes de provincia de Salta, el cual debe cumplir de lo previsto a la Ley 25.019 Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar.

## **Caracterización según su nivel de complejidad ambiental**

La Ley 25.019 Régimen Nacional de la Energía Eólica y Solar, establece que toda instalación o proyecto de instalación debe ser categorizado, es decir, que debe establecer cuál es su nivel de Complejidad Ambiental. De acuerdo a la categoría a la cual pertenezca, la Ley establece los aspectos que deben ser considerados para realizar la evaluación del Impacto Ambiental, a cargo de un Profesional Habilitado.

La Autoridad de Aplicación es quien luego realiza la Declaración de dicho Impacto Ambiental y entrega, si está aprobado, un Certificado de

Aptitud Ambiental que se debe renovar cada dos años con la presentación de una Auditoria Ambiental.

El Nivel de Complejidad Ambiental de un establecimiento industrial o empresa de servicios queda definido por medio de la siguiente ecuación polinómica de cinco términos:

$$\text{NCA} = \text{Ru} + \text{ER} + \text{Ri} + \text{Di} + \text{Lo}$$

Dónde:

### **Rubro (Ru)**

De acuerdo con la clasificación internacional de actividades y teniendo en cuenta las características de las materias primas que se empleen, los procesos que se utilicen y los productos elaborados, se dividen en tres grupos:

- Grupo 1 = valor 1
- Grupo 2 = valor 5
- Grupo 3 = valor 10

*Nuestro proyecto está enmarcado dentro del Grupo 1, al cual se le asigna el valor 1 (Ru=1).*

### **Efluentes y Residuos (ER)**

La calidad de los efluentes y residuos que genere se clasifican como de tipo 0, 1 ó 2 según el siguiente detalle:

#### **Tipo 0 = valor 0**

- Gaseosos: componentes naturales del aire (incluido vapor de agua); gases de combustión de gas natural.

- Líquidos: agua sin aditivos; lavado de planta de establecimientos del Rubro 1, a temperatura ambiente.
- Sólidos y Semisólidos: asimilables a domiciliarios.

**Tipo 1 = valor 3**

- Gaseosos: gases de combustión de hidrocarburos líquidos.
- Líquidos: agua de proceso con aditivos y agua de lavado que no contengan residuos peligrosos o que no pudiesen generar residuos peligrosos. Provenientes de plantas de tratamiento en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Sólidos y Semisólidos: resultantes del tratamiento de efluentes líquidos del tipo 0 y/o 1. Otros que no contengan residuos peligrosos o de establecimientos que no pudiesen generar residuos peligrosos.

**Tipo 2 = Valor 6**

- Gaseosos: Todos los no comprendidos en los tipos 0 y 1.
- Líquidos: con residuos peligrosos, o que pudiesen generar residuos peligrosos. Que posean o deban poseer más de un tratamiento.
- Sólidos o Semisólidos: que puedan contener sustancias peligrosas o pudiesen generar residuos peligrosos.

En aquellos casos en que los efluentes y residuos generados en el establecimiento correspondan a una combinación de más de un Tipo, se le asignará el Tipo de mayor valor numérico.

*En nuestro caso el proyecto pertenece al del grupo Tipo 0 y por lo tanto su valor es 0.*

**Riesgo (Ri)**

Se tendrán en cuenta los riesgos específicos de la actividad, que puedan afectar a la población o al medio ambiente circundante, asignando 1 punto por cada uno, a saber:

- Riesgo por aparatos sometidos a presión.
- Riesgo acústico.
- Riesgo por sustancias químicas.
- Riesgo de explosión.
- Riesgo de incendio.

*En nuestro proyecto tendremos riesgo acústico, riesgo de explosión y riesgo de incendio, Riesgo por aparatos sometidos a presión por lo tanto sumaremos 4 puntos.*

- **Riesgo acústico: bomba y compresor**
- **Riesgo de explosión y de incendio**
- **Riesgo por aparatos sometidos a presión: Electrolizador y compresor.**

### **Dimensionamiento (Di)**

La dimensión del establecimiento tendrá en cuenta la dotación de personal, la potencia instalada y la superficie:

#### **Cantidad de personal:**

- Hasta 15 personas = valor 0.
- Entre 16 y 50 personas = valor 1.
- Entre 51 y 150 personas = valor 2.

- Entre 151 y 500 personas = valor 3.
- Más de 500 personas = valor 4.

<b>Tipo de personal</b>	<b>Cantidad de personal</b>
<b>Gerente</b>	1
<b>Administrativo</b>	2
<b>Medico</b>	1
<b>Seguridad (3 turnos)</b>	4
<b>Operarios (3 turnos)</b>	8
<b>Mantenimiento</b>	1
<b>Supervisor (3 turnos)</b>	4
<b>Analista laboratorio (3 turnos)</b>	8
<b>Total</b>	29

*En nuestro proyecto, la cantidad de personal son 23 trabajadores, por lo cual el valor de la dotación del personal es 1.*

**Potencia instalada (en HP):**

- Hasta 25: adopta el valor 0.
- De 26 a 100: adopta el valor 1.
- De 101 a 500: adopta el valor 2.

- Mayor de 500: adopta el valor 3.

***En nuestro proyecto la potencia instalada es de valor 3.***

Nuestra planta consume:

- Electrolizador: 98835,61 KW/día
- Convertidor: AD/DC 6 KW/día
- Compresor: 945 KW/día
- Bomba: 21 KW/día
- Instalaciones eléctricas para el funcionamiento de la Planta:  
5KW/día

Se utilizará en total 100757 KW/día = 100757616W/día =  
135063HP/día

**Relación entre Superficie cubierta y Superficie total:**

- Hasta 0,2: adopta el valor 0.
- De 0,21 hasta 0,5: adopta el valor 1.
- De 0,51 a 0,81: adopta el valor 2.
- De 0,81 a 1,0: adopta el valor 3.

Se calcula 15ha de paneles solares, de espacio adicional a las 800 m<sup>2</sup> de la planta. Teniendo en cuenta futuras ampliaciones convendría contar con una superficie total de 17 hectáreas para nuestro proyecto. ***Por lo tanto en nuestro caso tendrá un valor de 3.***

**Localización (Lo)**

La localización del establecimiento, tendrá en cuenta la zonificación municipal y la infraestructura de servicios que posee.

- Zona: Parque industrial = valor 0
- Industrial Exclusiva y Rural = valor 1
- El resto de las zonas = valor 2.

***En nuestro proyecto, la localización del establecimiento tendrá un valor 0, porque estará ubicado en el Parque Industrial General Güemes en la provincia de Salta.***

- Infraestructura de servicios: Agua, Cloaca, Luz, Gas. Por la carencia de cada uno de ellos se asigna 0,5.

***Nuestro proyecto no posee ninguna de estas carencias.***

#### **Determinación de Categorías de Riesgo Ambiental**

De acuerdo con los valores del NCA que arrojen las combinaciones de variables establecidas, las industrias y actividades de servicio se clasificarán en:

PRIMERA CATEGORIA (hasta 11 puntos inclusive)

SEGUNDA CATEGORIA (12 a 25 puntos inclusive)

TERCERA CATEGORIA (mayor de 25)

Aquellos establecimientos que se consideran peligrosos porque elaboran o manipulan sustancias inflamables, corrosivas, de alta reactividad química, infecciosas, teratogénicas, mutagénicas, carcinógenas o radioactivas, o generen residuos peligrosos de acuerdo con lo establecido por la ley nacional o la ley provincial que corresponda, que pudieran constituir un riesgo para la población circundante u ocasionar daños graves a los bienes y



al medioambiente, serán consideradas de tercera categoría independientemente de su Nivel de Complejidad Ambiental.

Resultado:

$$Ru = 1$$

$$Er = 0$$

$$Ri = 4$$

$$Di = 7$$

$$Lo = 0$$

Con lo cual:

$$\mathbf{NCA = 12}$$

***Nuestro proyecto se encontraría dentro de la segunda categoría. Es decir media complejidad ambiental.***

## **Evaluación Ambiental**

El sitio donde se instalará nuestro proyecto será el Parque Industrial de General Güemes, el mismo cuenta con una superficie 183,429 Hectáreas se encuentra a 50 km de la Ciudad de Salta capital de la provincia. Está conectada por la carretera Ruta Nacional N° 34 N° 1135.

### **Medio ambiente Físico**

#### **Caracterización Climática**

Hacia el oeste ofrece un clima fresco y agradable, mientras que en el oriente, a medida que desciende hacia la llanura del chaco salteño, la temperatura aumenta y la humedad se torna pesada. Las precipitaciones pluviales son menores en esta parte, incrementándose hacia el poniente.

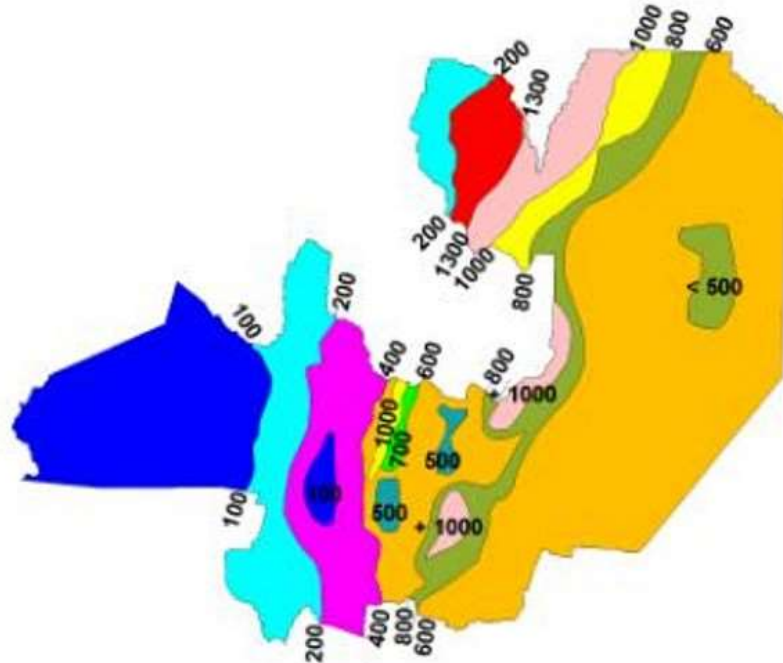
- Datos obtenidos de la agencia INTA: de la Estación Meteorológica La Isla, situada en Cerrillos, Salta(-24.881993, -65.398318) a 60km de distancia a nuestro parque industrial
  - Temperatura media anual: 17°C.
  - Precipitación media anual: 500 a 1100 mm.

#### **ESTACION METEOROLOGICA SALTA AERO**

meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dec	media anual
Tmedia	21,2	19,9	19,1	16,4	13,6	11	9,6	12,8	15,6	18,8	19,9	21,9	16,6
Tmìn media	16,5	15,2	14,7	11,1	8	4,2	2,4	4,9	7,8	11,7	13,7	15,7	10,5
Tmàx media	27	25,7	24,7	22,8	20,7	19,9	19,2	22,2	24,3	26,2	26,4	28,8	24
Precipitaciones	189,7	114	108,4	20,7	9,6	0,9	4,3	3,5	10,2	29,3	53,2	140,9	684,7
Humedad relativa	79	81,9	84,1	82,4	80,5	74,8	70,4	62	57,5	62,3	69,8	70	72,9

## PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)

Fuente: Fernández, D., Failde, V. y Nieva, I. 2005  
(sobre datos de Bianchi, A. y Yáñez, C. 1992)



### Geología-Geomorfología

El relieve del valle es plano, con inclinación al naciente. Los cultivos principales se realizan bajo riego y son especialmente la caña y el tabaco. En menor medida se cultivan frutas y hortalizas. La limitante principal para el desarrollo agrícola es la escasez en la disponibilidad de agua para riego, ya que el período seco, entre abril y noviembre, coincide con la mayor necesidad de agua para los cultivos

En la franja central de la provincia, entre los cordones cordilleranos y las sierras subandinas, se encuentran los bolsones y quebradas. se trata de valles recortados, por donde corren dos, conocidos en general como valles calchaquíes. Los ríos más importantes son el Calchaquí, de las conchas y Rosado.

El clima de esta zona no es tan riguroso como en la puna, pero sí muy árido. En áreas protegidas, y por medio del riego, se pueden desarrollar algunos cultivos.



Mapa Satelital Interactivo de la Provincia de Salta

La superficie total del Parque General Güemes es de 183,429 hectáreas. La superficie total de lotes a la venta es de 37,7178 hectáreas.



Los valles subandinos, de Lerma, Siancas y San Andrés, que se sitúan entre los 800 y 2.000 metros. Las precipitaciones pluviales riegan sus faldas orientales y las cubren de bosques. Es la región más rica y de mejor clima, y por ende la más poblada. Se subdividen además en: valles templados, selva y pastizales de altura, sierras y bosques y piedemontes húmedos.



Fuente: Mapa de Suelos de la Prov. Salta. INTA SAGPyA  
 Proyecto Arg 85/019 (1989)

## Recursos Hídricos

### Superficial

El río Mojotoro es un curso de agua en la provincia de Salta, Argentina. Es límite natural norte de la Municipalidad de la ciudad de Salta, la capital provincial; pasa a pocos cientos de metros de la Universidad Nacional de Salta. Su cuenca hidrográfica es de 835 km<sup>2</sup>, y es parte de la cuenca superior del río Bermejo.

El río Mojotoro nace de la confluencia del río La Caldera (a su vez formado por los ríos: Angostura, Santa Rufina, San Alejo) con el Vaqueros, en

el departamento La Caldera. Atraviesa todo el valle de Siancas, comenzando por un estrecho valle tectónico de oeste a este.

De su unión con el río Las Pavas se forma el río Lavayén, el cual a su vez se une al río Grande para formar el río San Francisco, el más importante de la provincia de Jujuy y principal afluente del río Bermejo.

**Cuadro 1:** Caudales Q(m<sup>3</sup>/seg) aforados en la subcuenca Mojotoro – Lavayén.

Río	Estación Alt. m	Fuente	Ciclo	Q. Medio Anual (m <sup>3</sup> /s)			Q. Medio Mensual en Estiaje (m <sup>3</sup> /s)			Q (máximo (m <sup>3</sup> /s)		Q. Min Diario (m <sup>3</sup> /s)
				Med	Min	Max	Med	Min	Max	Diario	Inst.	
<b>Santa Rufina</b>	Santa Rufina (1500)	A y EE	1944-54 Cierre: 04/55	2,7	2,1	3,5	0,7	0,4	1,4	101,0	150,0	0,3
<b>San Alejo</b>	San Alejo (1500)	A y EE	1.944-54 Cierre: 05/55	1,8	1,1	3,9	0,4	0,2	0,8	87	185,0	0,1
<b>* Mojotoro</b>	El Angosto (1070)	A y EE	1.942-83	15,2	7,5	22,8	2,8	1,0	10,8	508,0	860,0	0,7
		A y EE	1984-93	17,6	11,3	27,4	3,3	2,0	4,6			1,9

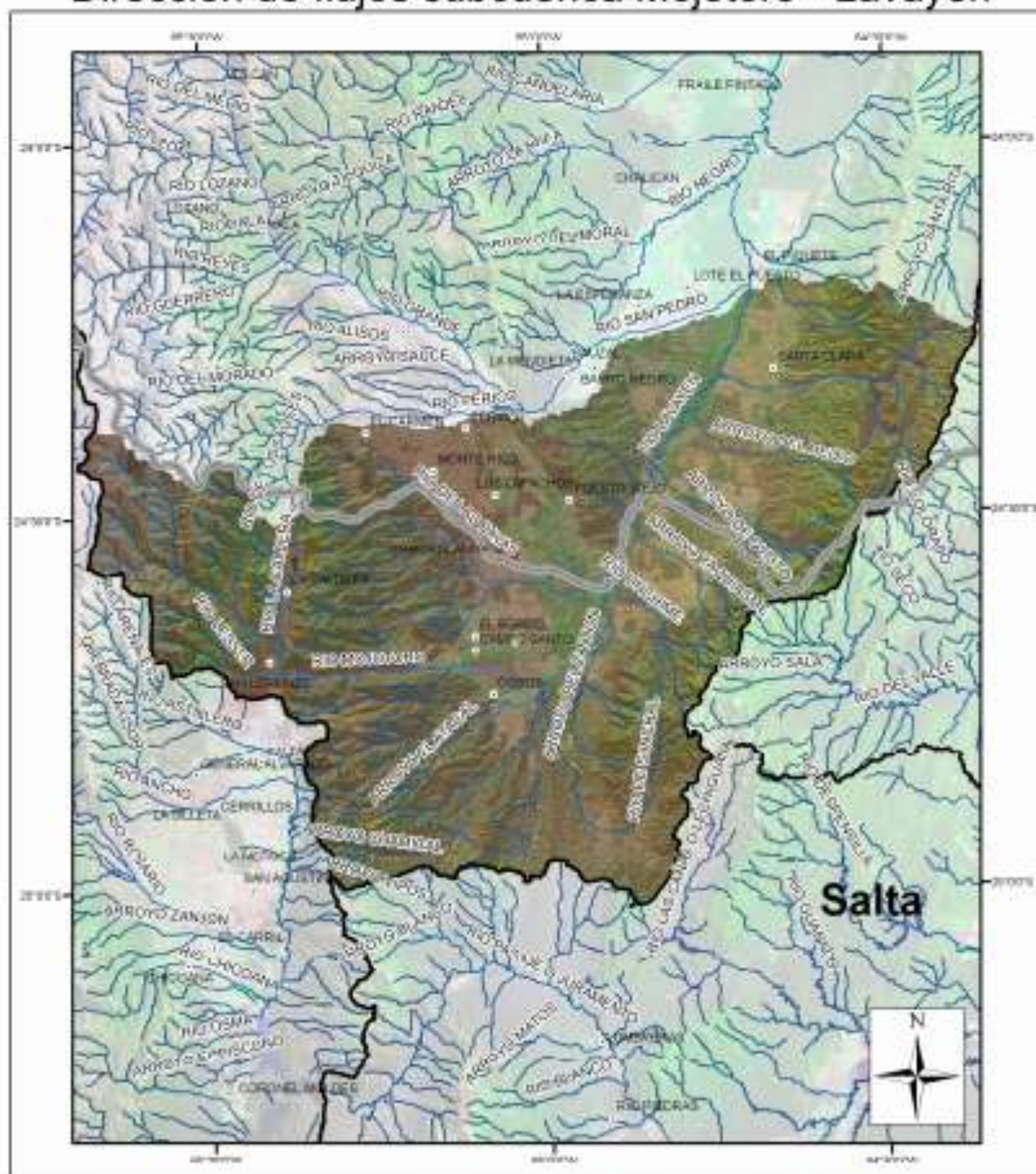
Es necesario para nuestra planta 6565650 litros de agua, teniendo en cuenta que para unos 5,0 kW/ Nm<sub>3</sub> GH es necesario 0,91 Litros de agua, y en nuestra planta se generan 36075000 KW/Año. Es decir 2,0819 10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/s Anual.

El parque industrial se encuentra a 5km de distancia del Rio Mojotoro.





## Dirección de flujos subcuenca Mojotoro - Lavayén





Parámetros morfológicos de la subcuenca Mojotoro - Lavayén.

Nombre Cuenca	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Perimetro (Km)	Alt. Máx (m)	Alt. Mín (m)	Alt. Me (m)	Alt. DS (m)	Pend. Me (%)	Pend. S.D (%)	Factor Forma	Índice Compacidad	Ancho Me (Km)
Mojotoro - Lavayen	6.461,73	589,26	5.413	431	1.179,17	691,59	15,59	17,71	0,34	2,07	47,19

Fuente: Arc. Gis 9.2 Modulo Arc-Hidrology.

Información de referencia de la pendiente media de una cuenca.

Pendiente Media (%)	Relieve
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
>50	Muy escarpado

### Subterráneo

Los principales reservorios de agua subterránea son los aglomerados modernos, que poseen escasa coherencia y presentan rodados de cuarcita, ortocuarcita y areniscas silicificadas hasta un metro de diámetro, de elevada dureza y tenacidad.

Los caudales específicos de los acuíferos cuaternarios alcanzan los 73 m<sup>3</sup> /h/m, para un caudal de 69 m<sup>3</sup> /h, y los caudales máximos de producción superan los 200 m<sup>3</sup> /h. Los acuíferos alojados en sedimentitas terciarias que infrayacen a los sedimentos modernos, poseen una granometría más fina y una mayor consolidación. Los caudales específicos de estos acuíferos son menores a los de los reservorios modernos suprayacentes.

### Pozo SRH 170

Nivel piezométrico estático: 30,63 m b.b.p.

Caudal: 80 m<sup>3</sup>/h

Depresión: 7,28 m

Caudal específico: 11,07 m<sup>3</sup>/h/m

Acuíferos en producción:	40,00 a	50,00 m b.b.p.
	73,50 a	79,50 m b.b.p.
	89,00 a	91,00 m b.b.p.
	94,50 a	97,50 m b.b.p.
	123,50 a	126,50 m b.b.p.

Profundidad final: 128,90 m b.b.p. m b.b.p

### Pozo SRH 360

Nivel piezométrico estático: 11,71 m b.b.p.

Caudal: 80 m<sup>3</sup>/h

Depresión: 10,39 m

Caudal específico: 7,7 m<sup>3</sup>/h/m

Acuíferos en producción:	40,00 a	46,00 m b.b.p.
	48,00 a	56,00 m b.b.p.
	62,00 a	66,00 m b.b.p.
	77,00 a	80,00 m b.b.p.
	86,00 a	90,00 m b.b.p.

Profundidad final: 95,00 m b.b.p.

## Atmosfera

### Presión Barométrica

Presión Barométrica Actual	879.1 hPa	
Tendencia Barométrica Actual	Bajando rápida. (*)	
	Mínimos	Máximos
Diaria	879.1 hPa	886.6 hPa
a Hs:	14:44	8:14
Mensual	867.0 hPa	893.7 hPa

(\*) Tendencia barométrica: Sentido del cambio en la presión barométrica en las últimas 3 horas.

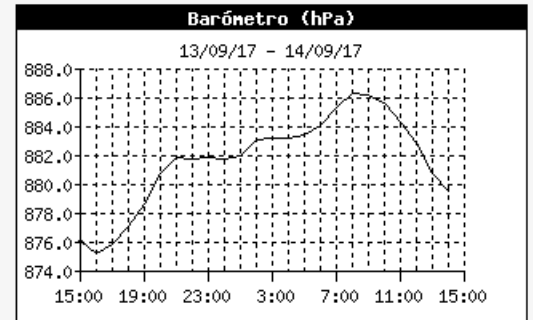
Rising rapidly: incremento rápido

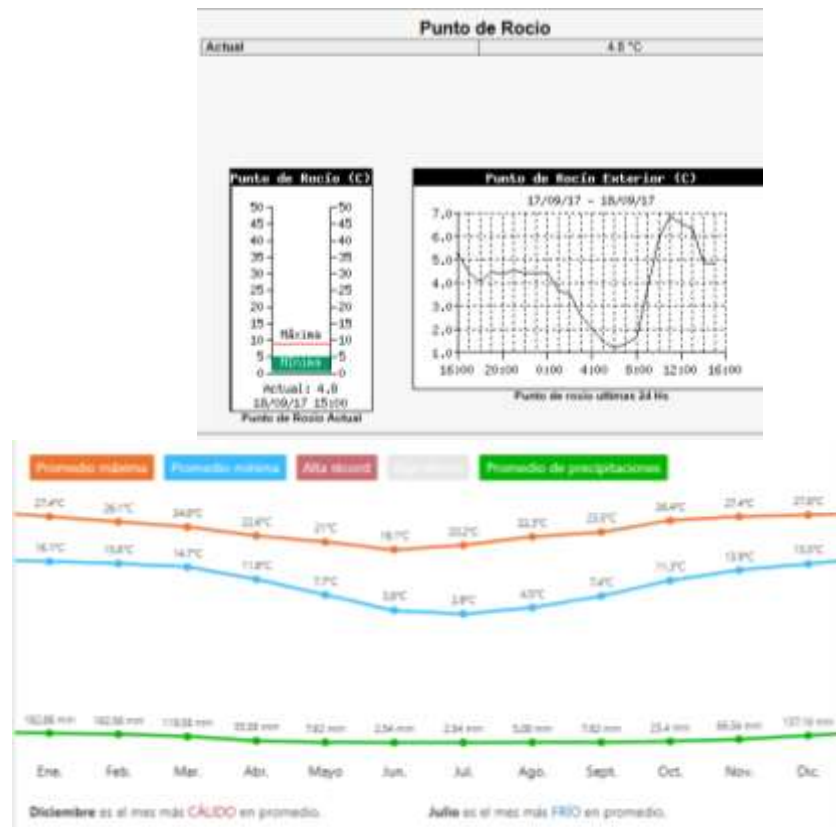
Rising slowly: incremento moderado

Steady: estable

Falling Slowly : disminución lenta

Falling rapidly: disminución rápida





Datos obtenidos de la agencia INTA: de la Estación Meteorológica La Isla, situada en Cerrillos, Salta(-24.881993, -65398318) a 60km de distancia a nuestro parque industrial

### Flora y Fauna

Esta zona ofrece un panorama amplio: sus tierras permeables, las precipitaciones anuales y los numerosos ríos y arroyos que la surcan permiten una extensa variedad en especies vegetales y animales. En el área se desarrolla la selva subtropical, adquiriendo su mayor exuberancia en las laderas orientales. Crecen en ella árboles de gran altura de más de 25m .

Los típicos árboles de la región son pacarás, nogales, algarrobos, pinos, moras, talas, acacias, ceibos, sauces, cebiles, paraísos, molles, piquillines, álamos, etc., se pueden desarrollar especies vegetales extranjeras con sólo los cuidados especiales.

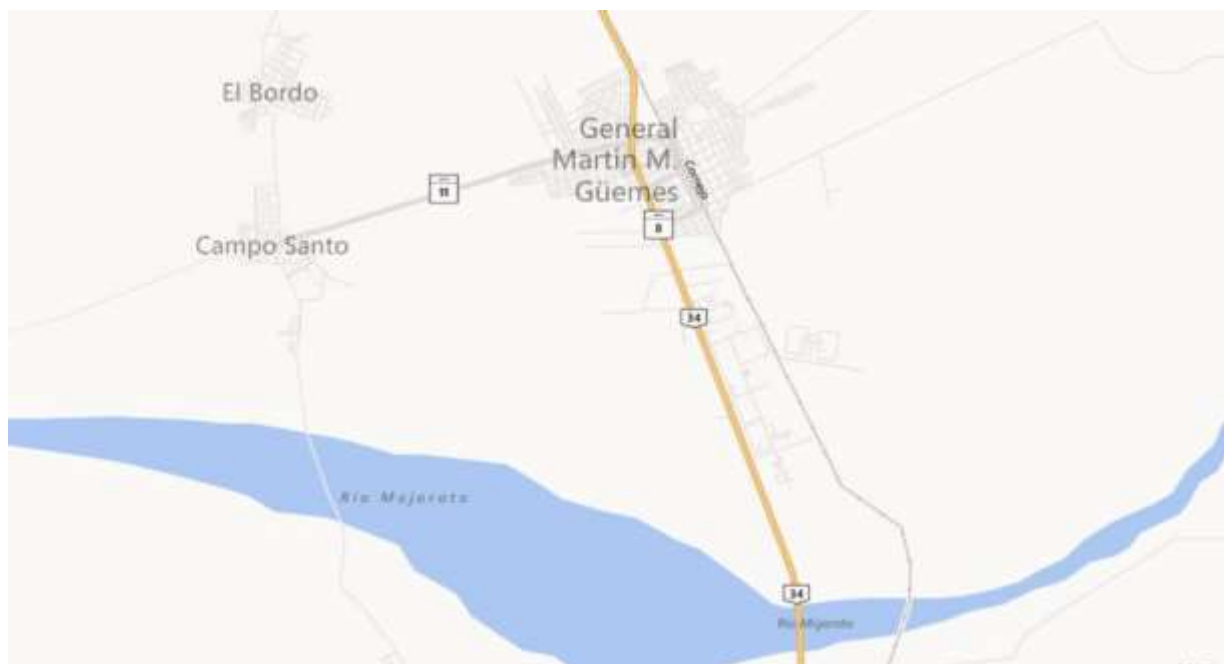
La fauna avícola es particularmente amplia: perdices del monte, martineta, parasal monte, charatas, chuñas, teros, picaflores, chorlos, lechuzas, gorriones, etc. Entre los mamíferos podemos nombrar zorros, comadreja, vizcachas, tatúes carreta, hurones, osos hormigueros y como animales de pieles finas a nutrias y chinchillas.

### **Medio Ambiente Socio-Económico y de infraestructura**

#### **Características del Parque General Güemes**

El mismo se encuentra emplazado en el sector sudeste de la ciudad sobre la Ruta Provincial 39, habiéndose tomado como referencia para su establecimiento la disminución de las tendencias de crecimiento urbano. Los límites naturales más notables son el cordón de las sierras denominadas del Mojotoro hacia el Este y el Río Arenales hacia el Oeste.

Su diseño está logrado sobre un área total que abarca aproximadamente 500 ha teniendo en cuenta el “cinturón ecológico” que lo circunda. De dicho total se encuentran habilitadas y conforman la parte efectivamente activa del Parque Industrial la cantidad de 170 has distribuidas de la siguiente manera: 138 has destinadas para radicación industrial y las restantes 32 has conforman las superficies comunes que comprenden calles, veredas, pozos de agua, Centro Administrativo, espacios verdes, ochavas, etc



### **Antecedentes históricos de la Localidad**

Es la cabecera departamental en reemplazo de Campo Santo, por ley N° 1.185 del 6 de Julio de 1.950. No habiendo documentación fehaciente, la tradición afirma que en las épocas de colonia, ese paraje fue una misión franciscana, a cuyo alrededor surgieran, posteriormente, diversos fundos. Uno de ellos, la finca Santa Rosa, habría dado origen a la actual ciudad con su parcelamiento posterior al paso del Ferrocarril ocurrido en 1.890. Ello explica también la tradicional festividad de Santa Rosa de Lima que allí se celebra anualmente el 30 de Agosto.

El 29 de Diciembre de 1.909 por Decreto N° 376, se crea la Comisión Municipal en el Distrito de General Güemes, a solicitud presentada por el vecindario del pueblo, independiente de la que funcionaba en el Departamento de Campo Santo, y considerando que el pueblo de General Güemes era un centro urbano de mayor importancia, por su comercio e industrias.

Por su ubicación estratégica dentro de la provincia de Salta, está llamado a ser una importante pieza en el engranaje para la consolidación y crecimiento de la integración regional y suprarregional del Corredor Bioceánico Norte y la ZICOSUR.

Además Güemes es un punto de importancia a la hora de rediseñar las nuevas estrategias de desarrollo y potenciación de la provincia de Salta, en el marco del proyecto regional, no tan sólo por su ubicación geográfica, sino también y esto es lo más importante por su conocida y no siempre ponderada y explotada riqueza natural, su vieja y nueva infraestructura productiva, de servicios y principal nudo de comunicación vial que, desde el sur, este y norte, une a Salta Capital y más allá aún, hacia el Océano Pacífico; y también hacia las fronteras con otros países vecinos hacia el norte.

No podemos dejar de mencionar lo que en un tiempo fue el principal centro del ramal norte del Ferrocarril Belgrano, hoy casi inactivo, y sobre el cual se está trabajando para que vuelva a ser un factor importante de desarrollo e integración de la producción y comercialización de los productos de la provincia y también del Corredor Bioceánico que uniría el Puerto de Santos (Brasil) con el de Mejillones (Chile).

Hoy en día Güemes cuenta con una Zona Franca (COZOFRA) la cual en breve se constituirá en el puerto seco más importante del noroeste argentino. Además la localización de la Central Térmica Güemes que con la generación de electricidad posibilita la radicación de nuevas industrias y emprendimientos por los costos promocionales de la energía y la cercanía del Parque Industrial hacen preveer el rico futuro de este pueblo.

La vida de los habitantes de Güemes, durante mucho tiempo giró alrededor del Ingenio San Isidro, (Campo Santo) y del ferrocarril Belgrano (con su estación y playa de maniobras y transferencia de cargas). El ferrocarril fue un elemento fundamental para el desarrollo de toda la actividad comercial y productiva de las zonas del norte de nuestra provincia

y de Jujuy, de la propia Capital de la provincia y también de la Puna mediante el transporte de todo el material tecnológico, provisión de alimentos frescos y no perecederos que alimentaba la exploración, explotación y tratado de diversos minerales que luego se exportaba, y aún se exporta, hacia los principales mercados del país y del mundo.

Sin lugar a dudas que el pueblo de Gral. Güemes, sufrió con intensidad los efectos no deseados de la desocupación masiva de muchos trabajadores ante el cierre de dos de sus importantes fuentes de trabajo que fueron el Ferrocarril y el Ingenio San Isidro, que eran el sostén económico del Departamento y sobre los cuales giraba casi el 80 % de la actividad económica y comercial del Departamento. Las causas fueron la privatización del transporte ferroviario y la presentación en quiebra del más antiguo de los Ingenios del país.

Sin embargo, se está viendo que Gral. Güemes está volviendo a resurgir con esperanza y fortaleza superando la crisis de la inestabilidad temporal de la falta de empleo, con imaginación, capacitación y políticas de desarrollo que ya comienza a dar los primeros frutos en beneficio de la comunidad local.

### **Densidad poblacional**

Departamento:	Cabecera Departamento Gral. Güemes
Extensión :	1.736 km <sup>2</sup>
Habitantes :	29.125
Producción :	Energía Eléctrica, ganadería, frutihorticultura, caña de azúcar.
Fiestas Patronales :	Agosto 30 - Santa Rosa de Lima.

Censo	Hombres	Mujeres	Totales
2001	14461	14664	29125

### **Aspecto Educacional**

En cuanto a estudios superiores, la principal institución de la ciudad es el Instituto de Enseñanza Superior N° 6.017 "Prof. Amadeo Rodolfo Sirolli", que ofrece varias carreras humanistas y técnicas, y al que acuden estudiantes de todo el departamento e incluso del sur de Jujuy.

Existe también un centro de tutorías de la Universidad Católica de Salta.

### **Aspecto Económico: Usos y ocupación del suelo**

General Güemes cuenta con una gran producción de azúcar, producida por el Ingenio Azucarero San Isidro, el primer ingenio fundado en Latinoamérica, de cual su producción parte se exporta actualmente y económicamente está creciendo en materia de infraestructura.

En un radio de 30 kilómetros a la redonda de la ciudad hay importantes empresas y polos productivos, entre las que se destacan dos centrales termoeléctricas (Termo Andes y Central Térmica Güemes) y el parque industrial, que alberga unas 20 empresas de variado nivel y producción.

- Agricultura con riego: Frutales de carozo, olivos, pimiento, frutilla, nogales, caña de azúcar, uva de mesa.
- Agricultura a secano: Poroto (frijol), cereales, forrajes.
- Ganadería: Vacunos de carne y leche, caprinos, porcinos.



- Forestación: Implantación de Eucalytus, Pinus, Sauces y Alamos
- Agroindustria Transformadora: Frigorífico, industria láctea, ingenio azucarero, aserraderos, etc.
- Industria: Energía Eléctrica



### Aspecto de Salud

#### Centros de salud y Hospitales en GENERAL GUEMES:

Hospital	Calle
<u>PS BETANIA</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	Sobre ruta N° 11, km 4 (desde Campo Santo)
<u>C.S. CAMPO SANTO</u> CENTRO DE ATENCION	SAN MARTÍN 74 .CAMPO

PRIMARIA DE LA SALUD	SANTO
<u>COBOS</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	JUAN CORNEJO
<u>C.S. EL BORDO - DR FERNANDO LEMA</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	SAN MARTIN E/ GORRITI y GUEMES
<u>PS EL PRADO</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	Ruta N° 12 - El Prado
<u>C.S. Vª TRANQUILA</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	RIOJA E/ AMEGHINO y 12 DE OCTUBRE
<u>EX POLICLINICO FERROVIARIO</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	URQUIZA
<u>EL CRUCE</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	JUANA AZURDUY
<u>LOS OLIVOS</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	ESPAÑA
<u>PS Bº COOPERATIVA</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	JULIO A. ROCA S/N - Bº COOPERATIVA
<u>PS SANTA LUCIA</u> CENTRO DE ATENCION PRIMARIA DE LA SALUD	PRINCIPAL S/N E/ ALSINA Y MENDOZA
<u>HOSPITAL DR JOAQUIN CASTELLANOS</u> HOSPITAL PUBLICO	CABRET S/N
<u>CAPS SPF - COMPLEJO PENITENC FED III - IF VARONES</u> OTRAS INSTITUCIONES	RUTA PROVINCIAL 113, KM 3 - CAMINO AL ZAPALLAR
<u>CAPS SPF - COMPLEJO PENITENC FED</u>	RUTA PROVINCIAL 113, KM

C.S CAMPO SANTOHospitalSAN MARTÍN 74 .CAMPO  
SANTOC.S EL BORDO-DR FERNANDO

SAN MARTIN

LEMAHospitalC.S. VILLA TRANQUILAHospital

RIOJA

EX POLICLINICO FERROVIARIOHospital

URQUIZA

COBOSHospital

JUAN CORNEJO

EL CRUCEHospital

JUANA AZURDUY

LOS OLIVOSHospital

ESPAÑA

## **Descripción del Proyecto**

### **Actividad a desarrollar**

- El objetivo principal del presente proyecto es la obtención de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica.
- Contribuir a la conservación de los recursos energéticos y a la protección de su clima y medio ambiente.
- Asegurar una mayor autonomía del país en el campo de recursos energéticos del futuro.
- Promover estudios para la conformación o integración de cadenas energéticas “mixtas”, donde el hidrógeno tenga intervención.

Equipos	Cantidad
Bomba Centrífuga	2
Compresor	1
Sistema de control	1
Convertidor AC/DC	1
Paneles Solares fotovoltaico de 230W	87.600

#### Producto

La demanda actual nacional parecería satisfecha, pero si se generalizara el uso del mix de GNC+ 20% H para uso automotor se necesitarían, con el actual parque, unas 55.000 Ton H /año, sólo en este rubro. El consumo de GNC en el país es de 9 MM m<sup>3</sup> /día. El ahorro de GN importado sería sustancial.

Nuestra planta solo abastecería 7500 Ton H/año a las empresas productoras de GNC que se encuentran en el parque industrial General Güemes en la Provincia de Salta.

Se trasladaría el Hidrogeno a dichas empresas a través de un tendido de hidrodutos instalados en el mismo parque industrial. Los hidrodutos Son muy seguros y su vida útil es prolongada por la calidad de los materiales que se emplean, aunque sean plásticos como se utilizan en la actualidad

Para tener en cuenta algunos hidroductos han sobrevivido a los bombardeos de la Segunda guerra mundial en Alemania, que actualmente opera una red de 470 km, y Sólo la Unión Europea posee más de 1800 km y USA más de 2.800 km de hidroductos.

### Subproducto

La producción por electrólisis de agua tiene como beneficio el alto grado de pureza del H<sub>2</sub> y del O<sub>2</sub>. Por distintas razones, la ANMAT (Agencia Nacional de Medicamentos y Alimentos) ha declarado al O<sub>2</sub> medicinal como un fármaco, y requiere que el grado de pureza sea al menos del 99%.

En nuestro proceso se debe tener en cuenta que se produce simultáneamente 1/2 Nm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> de alta calidad especialmente apto para Oxígeno medicinal que resulta un producto de buen aprovechamiento económico.

Nos hemos contactado con la empresa Linde que posee plantas productoras en el Parque Industrial de Tucumán, de los gases del Aire (N<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> y Ar), de CO<sub>2</sub>, de O<sub>2</sub>, de N<sub>2</sub>O, entre otros. También importan y distribuyen diferentes gases y mezclas.

Los precios del O<sub>2</sub>, actualmente son los siguientes:

Pureza(%)	Impureza(ppm)							Cilindros	Precio	Código
	H <sub>2</sub> O	THC	N <sub>2</sub>	Ar	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>			
99,8	<3	<20	<0,19%					8 y 10 m <sup>3</sup>	U\$S 66,8/m <sup>3</sup> + IVA	670529

Tabla proporcionada por la empresa Linde al 4 de Noviembre de 2013 (U\$S)

Teniendo en cuenta que para licuar 1.2Nm<sup>3</sup> de Oxígeno se necesita 8.8 Nm<sup>3</sup> de Nitrógeno a 200bar y -196 °C, se necesitaría U\$\$ 14.171 anual en nitrógeno comercial B50.

Se concluye liberar el oxígeno de alta pureza a la atmosfera ya que se obtendría de su venta U\$\$ 12.327 anual, es decir que con dicha venta no llegaríamos a cubrir el gasto del nitrógeno necesario.

**Transporte, manipuleo y almacenamiento de materias primas e insumos.**

No necesitaríamos almacenamiento, ya que se trasladaría el Hidrógeno a dichas empresas a través de un tendido de hidrodutos instalados en el mismo parque industrial. Los hidrodutos poseen una vida útil prolongada por la calidad de los materiales que se emplean.

**Condiciones y medio ambiente de trabajo. Riesgos internos  
específicos de la actividad**

El proceso contaría con una bomba centrífuga, un compresor y un electrolizador los cuales generan un ambiente con ruidos y vibraciones.

Resumiendo, en la operación habitual del establecimiento podrán generarse los siguientes riesgos:

- Emisiones sonoras
- Vibraciones.
- Sustancia inflamable y explosiva
- Riesgos mecánicos y/o eléctricos.

**Análisis de los diferentes tipos de peligros**

Los aspectos más destacados del H<sub>2</sub> en lo que hace a la seguridad, siempre han sido su inflamabilidad. El H<sub>2</sub> es altamente inflamable, lo que significa que reacciona fácilmente con el oxígeno y cuando quema produce agua. Es precisamente esta característica lo que lo hace muy adecuado como combustible limpio.

**Riesgos de incendio y de explosión**

Los riesgos de incendio pueden provenir de las siguientes causas:

- Elevada temperatura exterior del equipo.
- Elevada presión.

Los riesgos se pueden reducir considerablemente adoptando las siguientes precauciones:

- Aislamiento de las partes más calientes del sistema.
- Controlar la presión y la temperatura en el electrolizador y el compresor.
- En ambientes cerrados deben preverse buena ventilación a través de extractores de aires
- Sensores de hidrógeno que permiten una rápida detección de fugas de hidrógeno para asegurar que el hidrógeno sea ventilado y la fuente puede ser ubicada.
- Detectores de llama UV/IR.: Las llamas del hidrógeno son difíciles de visualizar.

## **Evaluación de Impactos Ambientales**

### **Metodología y cuantificación de los Impactos**

La realización de esta evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo en base a la metodología planteada por la Matriz de Impactos.

Esta matriz nos permite obtener una valoración cuantitativa, donde cada casilla perteneciente a la matriz nos da una idea del efecto de cada hecho impactante sobre los factores ambientales impactados.

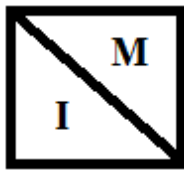
Compuesta en el eje horizontal por las acciones derivadas de las actividades, los procesos o los proyectos que ocasionan impactos ambientales y/o ecológicos.

En el eje vertical encontramos las condiciones, los procesos, los factores naturales, sociales, culturales y económicos afectados por las



acciones indicadas. Los impactos relacionados con las acciones y las características afectadas se representan en las intersecciones de los ejes verticales y horizontales por medio de:

- Un signo – (perjudicial) o + (beneficioso)
- Un número que indica la Magnitud del Impacto
- Un número que indica su importancia



*Magnitud:* Es la medida de la escala o extensión del impacto (del 1 al 10). Su asignación es subjetiva.

*Importancia:* Es la medida de la significancia comprendida esta como la generación de impactos relacionados. La asignación también es subjetiva y viene representada por un número que se deduce mediante la ecuación propuesta en función al valor asignado a los símbolos considerados.

**Naturaleza del Impacto:** carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores.

- Negativa, cuando deteriora el medio sobre el que incide.
- Neutra, cuando no tiene incidencia.
- Positiva, cuando mejora el medio.

**Intensidad (I):** Es el grado de incidencia de la acción sobre el factor.

- Leve: La alteración no es significativa, (1).
- Moderada: El factor se verá disminuido en un 25%, como resultado de la manifestación de la acción, (2).
- Severo: El factor se verá afectado entre un 25 y un 50%, (4).
- Crítico: El factor se verá afectado entre un 50 y un 75%, (8).
- Total: 12.

**Extensión (Ex):** Se considera el área de influencia teórica del impacto, en relación con el entorno donde se manifiesta la acción.

- Puntual, efecto localizado: 1
- Total, influencia generalizada: 8
- Parcial: 2
- Extenso: 4
- Crítica: (+4)

**Momento (Mo):** el plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

- Largo plazo: 1
- Medio Plazo: 2
- Inmediato: 4
- Crítico: (+4)

**Persistencia (Pe):** el tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medio naturales.

- Fugaz, permanencia del efecto menor al año: 1
- Temporal, entre 1 y 10 años: 2.
- Permanente, superior a 10 años: 4.

**Reversibilidad (Rv):** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio.

- Corto plazo: 1
- Medio plazo: 2
- Irreversible: 4

**Sinergia (Si):** contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples.

- Sin sinergismos: 1.
- Sinérgico: 2.
- Muy sinérgico: 4.

**Acumulación (Ac):** da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

- Simple: 1.
- Acumulativa: 4.

**Efecto:** Se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

- Directo.
- Indirecto.

**Periodicidad (Pr):** regularidad de manifestación del efecto.

- Discontinuo: 1.
- Periódico: 2.
- Continuo: 4.

**Recuperabilidad (Mc):** posibilidad de reconstrucción total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto.

- Recuperable de manera inmediata: 1.
- Recuperable a medio plazo: 2.
- Mitigable: 4.
- Irrecuperable: 8.

## **Identificación**

### **Identificación de las acciones Impactantes**

A continuación identificaremos las acciones que pueden causar impacto sobre una serie de factores del medio. Diferenciaremos las acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción o instalación y aquellas que pueden ser causa de impactos durante la fase de funcionamiento.

#### **Fase de proyecto y Fase de Anteproyecto**

- Concientización a la comunidad
- Mano de obra
- Impactos negativos socio-económicos
- Inversión

#### **Fase de construcción e instalación**

- Contaminación sonora
- Transporte de maquinarias
- Mano de obra
- Riesgo de accidentes

#### **Fase de operación**

- Emisión de gases
- Riesgo operativo
- Generación de ruidos
- Posibilidad de incendios

#### **Fase de Crecimiento**

- Incremento de transporte
- Incremento de mano de obra
- Incremento de superficie

#### **Fase de abandono**

- Posibilidad de incendio

- Posibilidad de explosión
- Cuestiones estéticas

### **Identificación de los factores**

A continuación estudiaremos los efectos que sobre los principales factores ambientales causan las acciones identificadas anteriormente.

#### **Medio Físico Biológico**

- Suelo
  - Alteración del paisaje
  - Calidad del suelo
- Agua
  - Disponibilidad
  - Calidad del agua
- Sol
  - Radiación solar
  - Valor y calidad
- Aire
  - Calidad
- Flora
  - Deforestación
  - Calidad
- Fauna
  - Extinción y mitigación de especies
  - Calidad

#### **Medio Socio-Económico Cultural**

- Social
  - Salud y seguridad
  - Conflicto socio ambientales
- Económico
  - Prestación de servicios

- Actividades económicas
- Creación de empleo
- Humano
  - Alteración del paisaje
  - Calidad de vida
- Infraestructura
  - Tránsito
  - Red de transporte

### **Impactos positivos**

El propósito principal de la realización de este proyecto es presentar y dar a conocer una de las alternativas para la solución ideal de problemas de contaminación ambiental, que en este caso será la energía solar fotovoltaica, ya que ésta usa como fuentes de energía, el sol, que constituye una alternativa con todas esas propiedades deseables para su explotación en beneficio del hombre.

Además, en este proyecto se estudiará y se analizará una de las aplicaciones de gran importancia de la producción de hidrógeno a partir de energía solar fotovoltaica, para abastecer a diferentes empresas en la industria automotriz con un mix de GNC + 20 % de H<sub>2</sub>. Respecto a la contaminación ambiental, en su utilización en autos, sus ventajas son enormes al devolver a la naturaleza el vapor de agua, producto de la combustión del hidrógeno, y sólo el mínimo porcentaje de emisiones correspondientes al gas natural, produciendo la reducción de gases de efecto invernadero.

Hay que tener en cuenta que al producir hidrógeno por electrólisis se liberan a la atmósfera 3750 ton/año de oxígeno medicinal (pureza 99%).

Teniendo en cuenta que para licuar 1.2Nm<sup>3</sup> de Oxígeno se necesita 8.8 Nm<sup>3</sup> de Nitrógeno a 200bar y -196 °C, se necesitaría U\$S 14.171 anual en nitrógeno comercial B50.

Se concluye liberar el oxígeno de alta pureza a la atmosfera ya que se obtendría de su venta U\$S 12.327 anual, es decir que con dicha venta no llegaríamos a cubrir el gasto del nitrógeno necesario.

### **Medidas mitigadores de los impactos negativos**

La ejecución de un proyecto siempre ocasiona cambios en el ambiente, y por más mínimos que estos sean terminan afectándolo tanto positivamente como negativamente.

Cuando estas afectaciones tienen consecuencias negativas por encima de un umbral aceptable o violan normas y estándares establecidos, se torna necesario incorporar al proyecto una serie de medidas que vialicen su ejecución.

Las medidas a implementar para enfrentar las consecuencias negativas deben tener alguna de estas características:

- Prevenir la ocurrencia del impacto por completo evitando la ejecución de una acción o actividad del proyecto en áreas consideradas ambientalmente sensibles.
- Mitigar el impacto limitando su magnitud, extensión u otro atributo.
- Corregir las consecuencias del impacto reparando, rehabilitando o restaurando los factores ambientales afectados a su estado inicial.
- Mitigar o eliminar el impacto luego de un período de tiempo mediante tareas de protección y mantenimiento durante toda la vida útil del proyecto.
- Compensar el impacto al reemplazarlo o proporcionar recursos o ambientes sustitutos.

A continuación se presentan las posibles Medidas de Mitigación de aplicación, a fin de disminuir el grado de impacto de las acciones.

### **Medidas mitigadoras generales**

- Mantener adecuadamente los equipos y maquinarias a utilizar de forma tal que los procesos se desarrollen en la forma prevista en los manuales de operación y a fin que su funcionamiento responda a sus características.
- Señalizar las áreas de movimiento de unidades y maquinarias a fin de evitar accidentes.
- Sistema de Control de Fugas: Establecer un efectivo sistema de control de posibles fugas materiales a ser utilizadas, mediante el empleo de sensores digitales localizados inmediatamente próximos a los eventuales puntos de fuga, a fin de disponer de una rápida respuesta y consiguiente notificación al personal que puede verse afectado.
- Establecer los planes de contingencias específicos en casos de derrames, accidentes u otros, a fin de maximizar la seguridad en las operaciones diarias.

### **Planes de emergencia interna**

El objetivo es establecer un Plan que contemple la prevención y/o acción ante contingencias, que entre otras podrían señalarse las siguientes:

- Paradas de planta por cualquier tipo de causa que signifique una alteración de los procesos productivos en marcha, con sus consiguientes riesgos: variaciones importantes de presión y/o temperatura, reacciones químicas no deseadas, necesidad de descarga de efluentes (líquidos y/o gaseosos) sin el adecuado tratamiento, acumulación de gases en equipos cerrados, hasta superar la emergencia, etc.
- Imposibilidad de evacuar efluentes líquidos por obstrucciones en instalación propia o por impedimento hídrico del medio receptor (crecidas de arroyos, ríos, etc.).
- Todo otro tipo de alteración en la operatoria normal de la planta que implique un potencial riesgo para el personal, las instalaciones y/o el



medio ambiente del entorno, ya sea afectando factores físicos (aire, aguas, suelo) como biológicos (flora y fauna) o antrópicos, socio económicos o culturales.

Por lo expuesto, el desarrollo de un Plan de Emergencia Interna deberá contemplar todas las medidas preventivas y/o correctivas de cada uno de los puntos citados o de otros que el evaluador considere y que no hayan sido mencionados en el listado anterior.

El citado plan deberá, si fuese necesario, ser puesto en conocimiento de la población, de bomberos, de organizaciones de Defensa Civil o de Autoridades de establecimientos aledaños, cuando su implementación implique posibles evacuaciones u otro tipo de acciones que requieran de su participación.

El Control de cualquier situación de Emergencia se debe lograr en el orden de prioridades que se enumera a continuación:

- Proteger de la vida de las personas
- Proteger el Medio Ambiente
- Proteger de los bienes e instalaciones
- Asegurar la Continuidad de las operaciones

La situación de ALERTA se origina como consecuencia de una alarma cualquiera sea su modalidad de informarla verbal, telefónica, radio portátiles o pulsadores de alarma. Dicha situación está indicando que ocurre una alteración normal de la actividad de planta, en algún sector de la misma.

Esta situación requiere en forma inmediata la convocatoria al lugar del hecho de los grupos que actúan ante una emergencia (Servicio Médico, Supervisor) para evaluar la situación de alerta y actuar en consecuencia.

En el caso que no pueda ser neutralizado, y de la evaluación efectuada se considere que existe riesgo común para los bienes y personal de la planta o el medio ambiente, la situación adquiere carácter de SITUACION DE RIESGO.

En ese caso, las acciones a ejecutar son:

- Controlar y neutralizar el peligro existente.
- Brindar asistencia médica a las víctimas.
- Evacuar personas al sector de estacionamiento de vehículos.
- Actuar en forma conjunta con organismos externos:

Bomberos Voluntarios Gral. M. Belgrano:

Domicilio: 20 de Febrero 1075, Gral. Güemes, Salta.

Teléfono: (387) 491-3708

Cuerpo de Bomberos Voluntarios Gral. Güemes:

Domicilio: F Ameghino 743, General Güemes, Salta.

Teléfono: (387) 491-1092

Policía de la prov. de salta en general Güemes:

Domicilio: Rivadavia 238    Teléfono: (387) 491-1795

Domicilio: Laprida S/N                      Teléfono: (387) 491-4011

Domicilio: Los tarcos 800    Teléfono: (387) 491-4119

Domicilio: Rivadavia 246    Teléfono: (387) 491-4010,

Cabe destacar que la complejidad de los factores que caracterizan a una emergencia, como así también su desarrollo en el tiempo, pueden aumentar aún más el riesgo potencial que dio origen a esa situación.

Una vez que el evento ha sido neutralizado en su totalidad, comienza el período posterior a una emergencia, que consiste básicamente de:

- Documentar el incidente.
- Informar al Gerente.
- Renovar y restaurar equipos y medios empleados durante la emergencia (propios o de terceros).
- Realizar remediación si corresponde.
- Reconstruir las instalaciones dañadas del sector o sectores involucrados en la emergencia.

Se deberá contar con un Plan Anual de Simulacros. Las capacitaciones se efectuarán teniendo en cuenta el Plan de Formación de cada rol en particular siendo estas teórico/prácticas, teniendo como instructores a Instituciones Externas.

Las tareas de capacitación asociadas con el presente Plan de Emergencia tienen como destinatarios los miembros del personal.

## **Conclusiones**

Observando la matriz se puede concluir que gracias a las medidas mitigatorias o correctivas no habrá impacto ambiental negativo debido a las acciones producidas por el proyecto en cuestión, sobre el medio físico, medio biológico, medio perceptual (paisaje) y Medio Socioeconómico Cultural.

Hay que recordar que la Matriz de Leopold es un método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental que si bien obliga a considerar los posibles impactos del proyecto sobre diferentes factores ambientales, su proceso de confección es subjetivo y no distingue entre efectos a corto y largo plazo. Sin embargo, incorpora la consideración de magnitud e importancia de un impacto ambiental, permite la comparación de alternativas y sirve como un resumen de la información contenida en el informe de impacto ambiental.

## Fuentes

- Asociación de hidrogeno de argentina (Fuente: Carlos Ares y José Luis Aprea)
- Asociación de hidrogeno de España
- Comisión europea de hidrogeno
- Libro “El hidrógeno y la energía” de José Ignacio Linares Hurtado y Beatriz Yolanda Moratilla Soria
- Pico truncado, planta experimental
- Atlas de energía solar de argentina (universidad nacional de lujan y secretaria de ciencia y tecnología , mayo 2007)
- Industria Argentina (<http://www.industria.gob.ar/>)
- [www.refinor.com](http://www.refinor.com)
- Empresa Linde
- Empresa Goodenergy
- Empresa Enertik
- EmpresaSungreen
- Empresa Elecear
- REFINERIAS DEL NORTE S.A
- SALTA PETROL SRL
- Combustibles del Norte S.A.
- INDEC
- Energía renovable (secretaria de energía – Junio 2009)
- Energía Solar (2008 - Secretaría de Energía)

- La revista HIDROGENO de la asociación argentina de hidrogeno director: José luisa prea, Enero 2011
- Greg Blencoe 09/11/2009 (Costo del hidrogeno) Resol-1639 Criterio de Categorización NCA inicial
- Caracterización de las cuencas hídricas de las provincias de Salta y Jujuy. INTA (Paoli H., Elena H., Mosciaro J., Ledesma F., Noé Y. 2011)
- EDI-Salta 2015 en el Bicentenario de la Patria- cámara de diputados
- Mapa de suelo de la provincia de salta. INTA SAGPyA. Proyecto Arg 85/019
- Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. (V. Conesa Fdez. – Vitora)