

---

S E C C I Ó N  
INGENIERÍA

---



# FACTIBILIDAD DE LA RECUPERACIÓN DEL CO<sub>2</sub> EMITIDO POR LAS CALDERAS DE UNA PLANTA CERVECERA.

Bart Van Hoof<sup>1</sup>  
Mario Amaya<sup>2</sup>

Carlos Andrés Páez<sup>3</sup>  
Néstor Monroy<sup>4</sup>

En la actualidad la industria cervecera emite por las chimeneas de sus calderas una serie de gases dentro de los cuales se encuentra el CO<sub>2</sub>. Adicionalmente en el caso de empresas que también elaboren bebidas carbonatadas o gaseosas, éstas deben comprar CO<sub>2</sub> a un proveedor de gases industriales. Como se ve, está arrojando algo que después está comprando. Estudiando rápidamente el problema se identifica una oportunidad de mejora.

A través de este artículo se pretende mostrar los resultados de una investigación para determinar la factibilidad tecnológica, económica y ambiental de la reutilización del CO<sub>2</sub> en una planta cervecera.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se está generando una gran preocupación mundial sobre la problemática ambiental, esto ha hecho que surjan nuevas estrategias empresariales como la Ecoeficiencia, la Producción más Limpia y la seguridad Integral. Por lo tanto es fundamental tenerlas en cuenta en un país como el nuestro, donde es muy importante incrementar la competitividad en las empresas, y la eficiencia con que se manejan los recursos existentes en las mismas.

Existen también convenios internacionales como el Protocolo de Kioto y el de Cambio Climático, mediante los cuales los países se han comprometido formalmente

en la protección medioambiental, mostrando el interés que se ha venido despertando en la comunidad mundial por el tema.

Mediante el presente trabajo se analizó la factibilidad de realizar una mejora que implique un manejo más eficiente de dichos recursos, para que lo que antes era un desecho, (el CO<sub>2</sub> emitido de las calderas), se convierta en un subproducto, generando así una mejora global tanto para la compañía como para el entorno de la misma.

La industria cervecera en Colombia tiene una experiencia de más de 100 años, y últimamente ha evolucionado hacia la producción tanto de cervezas como de gaseosas, además de jugos, aguas carbonatadas, aguas saborizadas, etc.

## METODOLOGÍA

Se analizó el proceso productivo de una empresa cervecera y se identificaron los diversos proyectos que se están realizando sobre el tema de Ecoeficiencia en esta industria. Luego se analizó la propuesta de Reutilización del CO<sub>2</sub>, se evaluó bajo los parámetros de calidad, costo y ambiental, para con base en ello deducir las conclusiones finales.

---

1 Profesor investigador

2 Estudiante de pregrado

3 Estudiante de pregrado

4 Profesor asistente



orgánico, el cual se reproduce durante el proceso en una proporción del 400%. De esta cantidad de levadura alcanzada, sólo una cuarta parte de ella es reutilizada para el mismo proceso. Las tres cuartas partes restantes son vendidas a industrias de alimentos, debido a que dicha levadura es muy rica en proteínas, aminoácidos y complejo B.

3. Soda cáustica (NaOH): Es un compuesto altamente básico y corrosivo que altera la estabilidad biológica y el pH del agua. Se utiliza en el proceso de lavado de botellas con el fin de desinfectarlas y remover toda la mugre que estas traen, incluidas las etiquetas viejas.

La soda cáustica era depuesta al efluente sin ningún tipo de control. En el transcurso de los últimos años, se implementó un sistema de reutilización de la soda cáustica. Además de una baja en la contaminación de las aguas, la soda que no es reutilizable y se va a eliminar y enviar al efluente, se dosifica para tratar de balancear el pH del agua, favoreciendo así el adecuado funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes, debido a que el agua que llega a dicha planta de tratamiento es de pH ácido.

4. Recuperación de vidrio. En la lavadora de botellas, por la alta velocidad con la que funcionan, se producen roturas del 0,4%. Este vidrio roto se recoge en su totalidad y es enviado a una empresa productora de vidrio, la cual lo vuelve a utilizar.
5. Captura del CO<sub>2</sub> emitido del proceso de fermentación, para posterior utilización. Este proceso se ha llevado a cabo por más de 50 años, con el fin de utilizarlo para dosificarlo en partes del proceso de producción de la cerveza que lo requieren. Sin embargo, este CO<sub>2</sub> no es suficiente actualmente para aquellas cervecerías que se han ampliado con un línea de bebidas carbonatadas, cuyo proceso de fabricación requiere del gas en cuestión. Dicho gas se compra a terceros.

## PROYECTO CO<sub>2</sub>

Una vez analizados los esfuerzos que ha hecho la compañía en el tema de aprovechamiento de recursos, se estudió en detalle el CO<sub>2</sub> como una oportunidad ecoeficiente para la misma.

Inicialmente se identificó una tecnología capaz de captar el CO<sub>2</sub> emitido de las calderas, y posteriormente se miró a escala internacional, y se identificaron cuatro compañías que ofrecían este tipo de plantas de recupe-

ración. Las características generales eran muy similares, por lo que el siguiente paso consistía en mirar quién tenía un representante o contacto en Colombia, el cual pudiera suministrar información sobre las características de la planta. Se identificaron cuatro compañías de las cuales se contactó a un representante en Colombia.

El funcionamiento de la planta se explica a continuación:

Primero, se cuenta con un equipo de depuración y absorción, que toma los gases para que estos sean enfriados, depurados de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), y enviados a una torre de absorción, donde un solvente especial (FT1) reacciona con el CO<sub>2</sub>, formando una sal soluble en agua.

Posteriormente, se lleva a cabo el proceso de separación y dilución donde, por medio de un sistema de calefacción, la sal se descompone en el dióxido de carbono y el solvente. El solvente es reutilizado para el mismo proceso, y el CO<sub>2</sub> se pasa a un condensador y deshidratador, donde después es enviado a una planta igual a las instaladas en las cervecerías, para la captura del CO<sub>2</sub> proveniente del proceso de fermentación, con el fin de purificar, comprimir, condensar y finalmente almacenar el CO<sub>2</sub> en forma líquida, para su posterior uso en el proceso productivo.

Después de identificar la tecnología necesaria para la recuperación del CO<sub>2</sub> de las calderas, se debía determinar si el gas capturado cumplía con las especificaciones de calidad de la empresa, las cuales son muy estrictas.

Las especificaciones de calidad manejadas por la compañía en lo que se refiere al CO<sub>2</sub> son compatibles con aquellas exigidas por las empresas comercializadoras del gas. Estas son: ser inodoro e insípido; adicionalmente, el nivel de pureza del gas no debe ser inferior al 99,97%. Como ya se mencionó, la captura del gas proveniente del proceso de fermentación es un procedimiento que se ha llevado a cabo en la industria cervecera durante muchos años, y garantiza que el CO<sub>2</sub> sometido al mismo, cumpla con los requerimientos de calidad anteriormente especificados.

Una vez se revisó que el CO<sub>2</sub> cumplía con los requisitos de calidad, el siguiente paso fue determinar la viabilidad económica de la propuesta. Se realizó un análisis de costos basado en la recuperación de 2.765 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Se encontró que la inversión inicial era del orden de los 800 mil dólares americanos, incluidos el costo de transporte, instalación e impuestos.

Se calculó que el costo de producir una tonelada métrica mediante el sistema de recuperación propuesto era aproximadamente de 129 mil pesos colombianos. Dado

## SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE CO<sub>2</sub> – CHIMENEA DE CALDERAS

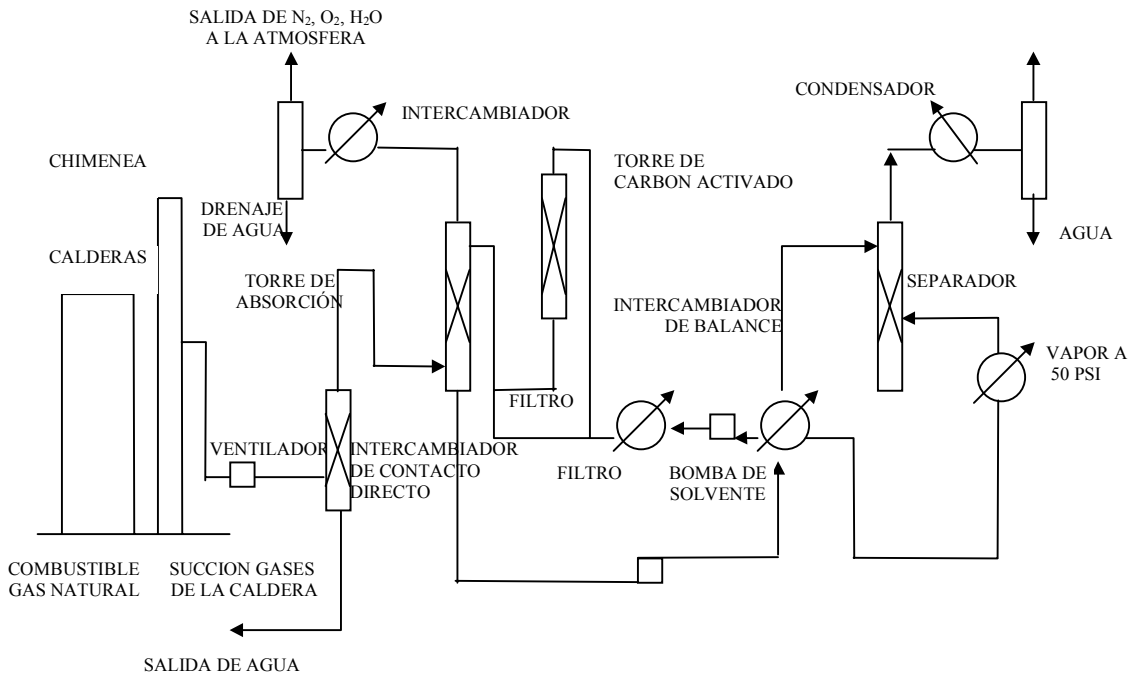


Figura 2. Planta de recuperación de CO<sub>2</sub>

que la empresa compra este gas a un proveedor a un costo de 466 mil pesos, el ahorro encontrado por cada tonelada era del orden de los 335 mil pesos. Esto representa un ahorro anual superior a los 900 millones de pesos.

Con base en los datos suministrados, se pudo establecer que el proyecto arrojaba un retorno de la inversión en un periodo de tiempo inferior a los dos años. A partir de este periodo, el ahorro que genere la planta de recuperación se traducirá en mayores ingresos para la compañía.

Una vez se determinó que el proyecto era viable económicamente, se procedió a tratar de ver cual sería el impacto ambiental. Como vimos anteriormente, la planta puede capturar 2.765 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Este número poco nos dice, pero si comparamos, se puede ver que una persona en promedio emite 800 libras (0,4 ton. Aprox.) de CO<sub>2</sub> al año respirando. Esto quiere decir que la planta es capaz de capturar el equivalente al CO<sub>2</sub> emitido por 8.404 personas que respiran en un año.

Análogamente se calcula que un carro emita en promedio 8.000 libras de CO<sub>2</sub> en un año. Esto quiere decir que la planta podrá atrapar aproximadamente el equivalente al CO<sub>2</sub> emitido por 840 carros en un año.

Consideramos que se debe recalcar que la propuesta investigada es tecnológica y económicamente viable, y ambientalmente significa una reducción en las emisiones de dióxido de carbono equivalente a la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida por 840 carros.

## RESULTADOS

Como vimos, existe una tecnología que es capaz de recuperar el CO<sub>2</sub> de las calderas, la cual es tanto económica como ambientalmente viable.

Profundizando los resultados económicos se formularon tres escenarios para obtener un rango de resultados posibles. La siguiente tabla contiene dichos resultados:

TABLA 1. RESULTADOS ECONÓMICOS.

	ROI	AHORRO ANUAL
Escenario Realista	1,68	\$93.929.210
Escenario Optimista	1,34	\$1.166.077.161
Escenario Pesimista	2,08	\$750.439.210

Como se puede ver, aún en un escenario pesimista, el ahorro generado justifica plenamente la inversión inicial, ya que se espera que el retorno de la misma (ROI) no supere los 2,08 años.

Ahora, presentamos la tabla de resultados del estudio de impacto ambiental

TABLA 2. COMPARACIÓN RELATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL.

CO2(TON.)	PERSONAS	CARROS
2.765	8.404	840

## CONCLUSIONES

Para finalizar, recordando el objetivo de la investigación: "Determinar la factibilidad tecnológica, económica y ambiental de la reutilización del CO<sub>2</sub> en una planta cervecera" se puede concluir que la propuesta es factible tecnológica, económica y ambientalmente. Por lo tanto, es una alternativa que se convierte en un beneficio para la empresa, el medio ambiente y la comunidad en general.

El impacto que genera este proyecto en las dimensiones de la ecoeficiencia es el siguiente:

*Reducción o sustitución de materias primas o insumos:* El proyecto genera una inmediata reducción en la demanda de materia prima por parte de la cervecería, la cual ya no debe recurrir a proveedores para sus suministros de CO<sub>2</sub>.

*Reducción en el consumo de energía:* Inevitablemente, el proyecto implica un incremento en el consumo de energía para la cervecería. Sin embargo, el beneficio alcanzado en las otras dimensiones de la ecoeficiencia genera, en términos globales, un balance positivo, que contrarrestan a tal incremento. Por otro lado, aunque al interior de la cervecería se incrementa el consumo de energía, desde una perspectiva global para el país, el consumo de energía se reduce, ya que se está ahorrando la energía que el proveedor tendría que emplear en la producción, almacenamiento y distribución del gas.

*Eliminación de riesgos ambientales y a la salud:* Como ya se sabe, el volumen de emisiones de CO<sub>2</sub> ha aumentado en los últimos años. Teniendo en cuenta el Protocolo de Kioto para la regulación de emisiones, es muy claro que este proyecto ayudaría a disminuir tal riesgo ambiental.

*Uso sostenible de recursos naturales:* No se sabe si la reducción de las emisiones permitirá que el impacto que

el hombre hace sobre la naturaleza sea tal que esta logre recuperarse, pero es un primer paso que nos llevará en esa dirección.

*Mejoramiento de la durabilidad, calidad y funcionalidad del producto:* La empresa en este momento podría dar un valor agregado a sus productos, adicionando a los mismos la venta del exceso de CO<sub>2</sub> que podría capturar en su planta. Se deja abierta la posibilidad de aprovechar los mecanismos abiertos por el Protocolo de Kioto, sobre los bonos por cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, el cual podría potenciar aún más este proyecto.

Vale la pena decir que este proyecto se puede implementar fácilmente debido a que las cervecerías normalmente pertenecen a grupos empresariales muy grandes, en los cuales se desarrollan diversas actividades, teniendo entonces la posibilidad de encontrar muy fácilmente una demanda al interior del grupo para este subproducto. En consecuencia, el proyecto tiene prácticamente el mercado asegurado, lo cual facilita su implementación.

Adicionalmente, este proyecto podría potenciar el desarrollo de otros proyectos de Ecoeficiencia que han sido analizados en el proceso cervecero, tal como se muestra en el Anexo 1. Para varios de estos proyectos ya se han desarrollado tecnologías factibles, y dados los volúmenes que maneja la industria cervecera, los resultados tanto económicos como ambientales serían de un impacto considerable.

Como recomendación final se debe aclarar que no toda industria que cuente con una caldera puede implementar este proyecto. La comercialización y distribución del CO<sub>2</sub> es un negocio difícil de abordar, en el cual se deben conocer muy bien sus diferentes canales de distribución. Por tanto, si no se tiene un mercado asegurado, como es el caso de la empresa, se tendría que vender el gas a las firmas comercializadoras del mismo a un precio significativamente menor, lo cual representaría un beneficio económico mucho más bajo para la compañía que podría hacer que este proyecto no fuera viable para ellos.

## BIBLIOGRAFIA

- Revista: Panorama Cervecero Colombiano. No. 49 de 1996.
- Revista: Science. "Will Plants Profit from high CO<sub>2</sub>". No. 5,11 de 1995.
- Revista: New Scientist. "From Dust to: and Ashes to CO<sub>2</sub>". No. 1888 de 1993.
- Holts Ealin y Selden Thomas, "Stocking the Fires? CO<sub>2</sub> Emissions and Economic Growth".
- Cambiando el Rumbo, CECODES, 1997.
- El Desarrollo Sostenible en América Latina, CECODES, 1995
- Incentivos Tributarios a la Inversión Ambiental, Ministerio del Medio ambiente, 1997
- Pauli, Gunter. Avances: lo que los negocios pueden ofrecerle a la sociedad