

**EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA Y LA PRODUCTIVIDAD: PLAN DE MEJORA  
COMO RESPUESTA AL SISTEMA PRODUCTIVO.**

***(THE IMPROVEMENT OF EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY: IMPROVEMENT PLAN AS A  
RESPONSE TO THE PRODUCTIVE SYSTEM)***

Raúl Heriberto Andrango; Edison Patricio Salazar y Delia Isabel Andrango

**RESUMEN**

**INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO**

El estudio hace mención a la evaluación del sistema productivo en la planta ASU de la empresa Indura Ecuador con el fin de proponer un plan de mejoras para la operación y control para mejorar la efectividad y productividad. En este sentido la investigación se desarrolla para mejorar la eficiencia y productividad a través de la recuperación del oxígeno residual. Para ello se desarrolla una investigación no experimental en la que se adopta una modalidad de campo y se aplica herramientas como la observación y revisión documental que permiten evaluar el sistema productivo de la planta ASU, con el propósito de mejorar la situación actual mediante la elaboración de un plan de mejora orientado a tal propósito, por tanto, se logra analizar casos prácticos y opciones de incrementar la productividad y rentabilidad del oxígeno residual recuperado. Como resultado se identificó los problemas operacionales en cada etapa del proceso, así como la baja productividad debido a la carencia de instructivos actualizados para el control y monitoreo de las operaciones en la planta. El estudio permite concluir que la planta presenta particularidades en la operación, control y monitoreo, así como la introducción de nuevas tecnologías y actualizaciones probadas, reduciendo los costos operativos o mejorar la capacidad de la planta de forma que mejoren sus estadísticas.

**Palabras clave:** Eficiencia, gases criogénicos, productividad.

**ABSTRACT**

The study mentions the evaluation of the production system in the ASU plant of the company Indura Ecuador in order to propose an improvement plan for the operation and control to improve the effectiveness and productivity. In this sense, the research is developed to improve

**Raúl Heriberto Andrango**  
Universidad Técnica de Cotopaxi  
*raúl.andrango@utc.edu.ec*

**Edison Patricio Salazar**  
Universidad Técnica de Cotopaxi  
*edison.salazar@utc.edu.ec*

**Delia Isabel Andrango**  
Instituto Tecnológico Superior Gran Colombia  
*delia.andrango@gmail.com*

efficiency and productivity through the recovery of residual oxygen. To this end, a non-experimental research is carried out in which a field modality is adopted and tools such as observation and documentary review are applied to evaluate the productive system of the ASU plant, with the purpose of improving the current situation through the elaboration of an improvement plan oriented to such purpose, therefore it was possible to analyze practical cases and options to increase the productivity and profitability of the recovered residual oxygen. As a result, the operational problems were identified in each stage of the process, as well as the low productivity due to the lack of updated instructions for the control and monitoring of operations in the plant. The study allows to conclude that the plant has particularities in the operation, control and monitoring, as well as the introduction of new technologies and proven updates, reducing operating costs or improving the capacity of the plant in order to improve its statistics.

**Keywords:** Efficiency, cryogenic gases, productivity.

### Introducción

La Eficiencia y la productividad en la Planta Criogenica ASU- Alcances sobre la recuperación del oxígeno residual en base al mejoramiento productivo

Durante los últimos años el uso de gases criogénicos ha aumentado en forma constante, por tanto el mecanismo de producción de gases criogénicos en cantidades suficientes para el sector alimenticio, científico, industrial, medicinal, puede dividirse en tres métodos que se emplean en la actualidad; para lo cual deberá considerarse que el costo inicial de una planta criogénica y el mantenimiento de sus operaciones han sido siempre factores muy relevantes que considerar. En cuanto a los tres métodos que se emplean actualmente es importante destacar lo expresado

en la tabla 1

**Tabla 1:** Métodos -Denominación de Plantas y Alcance

Denominación de las Plantas	Alcance
Las plantas con tecnología	Adsorción por oscilación de vacío-VSA, que se encuentran aproximadamente entre las 25 t/d (toneladas diarias) y las 150 t/d.
La destilación fraccionada criogénica,	Unidad de separación de aire- ASU estándar, que produce volúmenes desde 25 t/n, 50 t/d, hasta 4000 t/d y purezas de entre el 95% y 99,5% de oxígeno puro.
la tecnología	Membranas de transporte de iones-ITM, una nueva tecnología actualmente en desarrollo con posibilidades de aplicación en el futuro.

**Fuente:** Andrango, Salazar y Andrango G (2018)

### Fundamentos Teóricos

El presente proyecto se centrará en las oportunidades que ofrece el grupo de metodologías de producción criogénica en la planta ASU, aunque la unidad ASU está formada por miles de componentes es posible dividirla en segmentos de las áreas específicas que, de actualizarse, pueden aumentar la producción, reducir los costos y mejorar la eficiencia.

- Sistema inicial (adsorción por oscilación térmica) TSA y (adsorción por oscilación de presión) PSA
- Maquinaria y expansor
- Controles del sistema
- Procedimientos de funcionamiento

A través de estas áreas generales se logrará obtener la información correspondiente además de mostrar casos prácticos que prueben las ventajas que se obtienen a través del desempeño respectivo.

Las tablas 2,3 y 4 muestran los problemas identificados en cada etapa del proceso operacional y productivo, así como los rangos operacionales determinados por el fabricante,

muchos equipos se han modificado mediante su proceso de mantenimiento.

**Tabla 2:** Métodos -Denominación de Plantas y Alcance

	<b>Parámetros operacionales</b>	<b>Problema Identificado</b>
(4) ETAPA Filtros Moleculares PPU	Presión de trabajo: 0 – 5,0 bar  Presión de instrumentación: 4,5 – 5 bar  Flujo de regeneración: 800 >1000 m3/h  Ppm de CO2 en aire: 0 – 2ppm	Incremento de impurezas de CO2, presentes en el aire, accionamiento de la alarma al detectar valores de 1 ppm de CO2 y activa la detención automática de la planta ante el incremento de 2 ppm, por saturación de los filtros.
(5) ETAPA Compresor de recicló	Flujo de trabajo: 8,500 – 1000 m3/h  Presión de trabajo: 260 – 276 psi  Presión de aceite: 15 – 32 psi Temperatura aire salida: 30 - 45° C  Corriente: 164 - 196 Amp	El diseño del compresor no permite el arranque del equipo al estar inactivados los estados permisivos, la mala operación por altas temperaturas, sobre presión y altas vibraciones desgastan el sello del laberinto que permite el sellado del sistema de lubricación para impedir el contacto del producto con aceite durante el proceso
(6) ETAPA Booster	Flujo de entrada: 8,500 – 1000 m3/h  Presión de entrada: 18 – 19,5 bar  Presión de Salida 23 – 25 bar	No se considera tomar medidas de control porque no hay afectación directa al equipo.

**Fuente:** Andrango, Salazar y Andrango G (2015-2018)

La tabla 4 detalla las diferentes etapas correspondientes al proceso y además los parámetros operacionales, así como los problemas identificados.

**Tabla 3:** Métodos -Denominación de Plantas y Alcance

	<b>Parámetros operacionales</b>	<b>Problema Identificado</b>
(7) ETAPA Turbina	Temperatura entrada: -110 °C  Temperatura salida: -160 °C  Presiones de trabajo Entrada: 25 bar  Salida: 5 bar  Gup Pressure: 10,5 – 11,5 bar  Velocidad: 26,500 – 28000 RPM  Presión de aceite: 2,2 – 2,8 bar	Mala operación del equipo por falta de instructivos:  Baja presión del sistema hidráulico  Gup Pressure fuera de parámetro, pérdida del sello de gas  Presión de entrada y salida de la turbina fuera de parámetros  Sobre revoluciones > 28000 RPM  Temperaturas de operación fuera de parámetros
(8) ETAPA Columna T3201/3202	Nivel de crudo media presión: 80%  Nivel de Lox en condensador: 60%  HC 3201 V/V de expansión: 35%  HC 3211 V/V de N2 de recirculación: 47 – 51%  HC 3207 V/V de N2 producción:	Desviación de la producción y purezas establecidas por:  Activación de alarma de seguridad parada de la planta  Cambios de seteos de producción  Contaminación de LOX y LIN  Sobre presión en la columna

depende producción	Pérdida de temperaturas de licuefacción
Pureza de Oxígeno de producción: 99,6 – 100%	Venteos a la atmósfera
Pureza de Nitrógeno de producción: 0 – 6 ppm	
Presión columna alta presión: 4,5 – 5 bar	
Presión diferencial columna alta presión: 0,45 – 0,8 bar	
Presión diferencial columna baja presión: 200 – 365 mbar	

Fuente: Andrango, Salazar y Andrango G (2015-2018)

### Metodología

Siguiendo el protocolo establecido en una investigación científica, se siguió en la presente investigación la modalidad descriptiva, entendida esta como aquella que es considerada como un método o una técnica para recoger o analizar datos. Cabe destacar que la investigación científica se considera la descripción como una de las formas más elementales dentro del proceso investigativo y busca conocer globalmente el objeto de estudio, así como describir el contexto en el cual se presenta este objeto de estudio. Cerda, H(2012)

En este sentido el interés de esta investigación además del técnico se orientó a la interpretación y a la transformación de datos reales del objeto que se aborda.

La investigación se realiza bajo la modalidad de campo, debido a que esta modalidad permite recolectar datos de la realidad en forma directa, así mismo se considera el tipo de estudio de la investigación como documental., en consecuencia, para la ejecución del proyecto se usa bibliografías, manuales de operación de los equipos, instructivos de los fabricantes que facilitaron determinar criterios para formular nuevos procedimientos operacionales.

Finalmente, el estudio propuesto se ajusta a los propósitos del diseño de la investigación no experimental, ya que el estudio busca desarrollarse sin manipular deliberadamente las variables, observándose situaciones existentes en la organización. Cabe señalar que en la investigación se logró aplicar el método de la observación, mediante el uso de esta técnica, lográndose obtener datos y registros que permitieron a su vez establecer los procedimientos prácticos en la operación y en el control, también la revisión documental de la información existente en la bitácoras de operación, registros de mantenimiento y registros de productividad facilitando la determinación de parámetros para mejorar la eficiencia operacional en la planta ASU.

### Análisis y Discusión de los Resultados

Considerando la aplicación de los métodos y técnicas desarrollados en la investigación se hace referencia a la evaluación del sistema productivo con relación a la eficiencia y productividad de la planta ASU. De esta forma se logra analizar la situación actual del sistema productivo de la planta ASU, recopilando información de la operación y control, mediante el uso de instrumentos como la observación, revisión documental y bibliográfica obteniendo como resultado las deficiencias en cada etapa de operación que deben mejorarse con respecto a los estándares de funcionamiento.

De igual forma se logró identificar las falencias

operacionales que inciden en la disponibilidad y eficiencia de la planta que han ocasionado baja productividad, alto consumo energético, así como el incremento del desperdicio de oxígeno venteado. En este sentido, la evaluación del sistema productivo se fundamenta en mejorar los procesos operacionales a medida que la innovación de nuevos procesos ayude a ampliar la vida útil de la planta ASU y maximizar la rentabilidad de gases industriales.

A partir de estos resultados se establece un plan de mejoras que permita un adecuado funcionamiento a través de la definición de estrategias de trabajo enfocadas en la mejora e implementación de procesos apropiados, así como la recuperación del oxígeno para incrementar la productividad en un 20% (equivalente a 5 ton/día), reduciendo las pérdidas de gases venteados.

**Tabla 4:** Lista maestra del Plan de Mejoras

N°	CODIGO	FILIAL	NOMBRE	VERSION	DESCRIPCION PROCEDIMIENTO
1	MP	MEC	OPECON	01	OPERACIÓN Y CONTROL PLANTA
2	IT	MEC	FILAIRE	01	Partida del Filtro Principal
3	IT	MEC	PMPCPC2101	01	Puesta en Marcha Compresor Principal de Aire C2101
4	IT	MEC	PMUREF	01	Puesta en Marcha Unidad de Refrigeración
5	IT	MEC	PMAMO	01	Puesta en Marcha Molecular Sieve 2600
6	IT	MEC	RECC2102	01	Puesta en Marcha Compresor Reciclo C2102
7	IT	MEC	PMTEX	01	Puesta en Marcha de Turbina Expansión
8	IT	MEC	PARFRÍO	01	Partida en Frio de planta ASU
9	IT	MEC	PARCALI	01	Partida en Caliente de Planta ASU
10	IT	MEC	DETPRO	01	Detención Programada de Planta ASU

**Fuente:** Andrango, Salazar y Andrango G (2015-2018)

La implementación de una lista maestra de procedimientos de operación y control mediante actualizaciones de los procesos operacionales

permitirá reducir los costos operativos e incrementar la capacidad productiva y en consecuencia la eficiencia respectiva.

### Conclusiones

La eficiencia empresarial es aquella que permite determinar el logro de los objetivos y en consecuencia las distintas variables a controlar en un determinado proceso productivo. En este sentido es necesario conocer las diversas situaciones que representa las condiciones que giran en torno a la organización. En el caso en particular fue necesario tomar en cuenta los objetivos de productividad propuesto y que de una u otra forma mediante la observación de campo y el monitoreo de la operación en la planta ASU, se logra realizar la descripción del proceso actual identificando el comportamiento de cada equipo para determinar nuevos parámetros de operación que mejoren su rendimiento e incrementen la producción. En este orden de ideas, durante el funcionamiento y monitoreo de la planta con la ayuda de registros, bitácoras de operación e indicadores de producción se identificó las falencias operacionales presentadas en cada etapa del proceso que conllevan a generar pérdidas del oxígeno residual ante un cambio de producción.

El plan de mejora concebido como un conjunto de acciones planeadas, organizadas, integradas y sistematizada permite la producción de cambios que se orienta a una determinada gestión, mediante la mejora de procedimiento y estándares de servicios en el marco de la productividad. El objetivo del plan es desarrollar un conjunto de acciones que determina el seguimiento y el control en las áreas de mejora resultante de procesos de evaluación y además en la implementación de planes de mejoras a través de instructivos de trabajo y manuales de operación, esto permitirá un mayor control del proceso productivo, así como la recuperación del oxígeno residual para maximizar la rentabilidad de los gases industriales.

## REFERENCIAS

- Barreno, L. (2005). Manual de formulación de proyectos. Ecuador, Quito: Editorial Norma.
- BOC. (2011). British Oxygen Company Operation Manual Cryogenics. Atlanta. EEUU
- Bruce Dawson. (2010). Unidades de Separación del Aire. California. EEUU
- Cerda, Hugo (2014). Los Elementos de la Investigación. Bogota: Ediciones el Buho.
- Chávez, N. (2007). Introducción a la Investigación Educativa. Maracaibo: Gráfica Gonzáles.
- García, G. (2013). Gestión de la Productividad. Editorial Sudamericana.
- Hernández, R., & otros, Y. (1991). Metodología de la Investigación. México: MCGRAW-HILL.
- Kerlinger, F. N. (1979). Enfoque Conceptual de la Investigación del Comportamiento. Mexico: Nueva Editorial Interamericana.
- Linde. (1996). Manual linde PPU. Berlín. Germany
- SHEQ. (2010). Manual de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad. Grupo Indura. Santiago. Chile
- SHEQ. (2010). Manual de Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad, Grupo Indura. Santiago. Chile
- Suarez. (2011). Indicadores de Producción. México: Limusa Wiley
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). El Proceso de la Investigación Científica. Mexico: Limusa Editores.