

UNIVERSIDAD EMPERSARIAL SIGLO 21



Maestría en Administración de Empresas (MBA)

Trabajo Final de Graduación

Desarrollo de un proceso interno para la recuperación y refinación de paladio en Petroquímica Río Tercero

Autor

Javier Matías, Della Mea

Legajo

VMBA002469

Director

Mgtr. Fabián Alignani

2024

Agradecimientos,

Me gustaría expresar mi agradecimiento a mi esposa Vanina Vanesa y mis hijos Julia y Simón, quienes me brindaron su apoyo y acompañamiento incondicional en todo momento. Sin ellos no hubiese sido posible lograr este objetivo.

Quiero agradecer también a la Licenciada Mgtr. Stimolo Vanessa docente titular a cargo del taller de trabajo final de posgrado y a mi director de tesis Mgtr. Fabián Alignani. Ambos desde su lugar me brindaron sugerencias y observaciones constructivas. Además del apoyo durante todo el proceso que requirió el desarrollo de esta tesis de posgrado. Sus aportes y predisposición de manera tan generosa son muy apreciados y valorados.

Email del autor: javiedellamea@yahoo.com.ar

Resumen

El presente trabajo final está basado en un proyecto de intervención–innovación, en el cual se propone el desarrollo de un proceso para el refinado y purificación de paladio dentro del complejo industrial de la empresa Petroquímica Rio Tercero (PR3), ubicada en la provincia de Córdoba. El paladio es un insumo crítico que se utiliza para la fabricación de la Metatoluendiamina (MTD), materia prima necesaria para elaborar el Diisocianato de tolueno (TDI), producto principal de la compañía. Los ejes temáticos sobre los cuales se ha desarrollado el trabajo son: *1- Proceso para recupero y refinando de paladio*: Selección de alternativa técnicamente compatible e integrable con los procesos productivos de PR3. *2- Conceptualización y desarrollo del proceso propuesto*: Diseño y selección de equipos e instalaciones; *3- Análisis de viabilidad técnico-económica*. Evaluación económica y puesta en marcha.

Acorde a los objetivos planteados se aplica una metodología cuantitativa bajo un diseño descriptivo. La información utilizada es del tipo secundaria, por lo tanto, se acude a trabajos de investigación previos, publicaciones científicas, bibliografía e información disponible en el sistema administrativo de PR3.

Finalmente, es conveniente acotar que los resultados obtenidos tras la implementación del presente proyecto superaron ampliamente las metas propuestas. Logrando cumplir tanto el objetivo general como los específicos. Este proyecto le permitió a PR3 reducir los costos variables del TDI, afianzar su posición en el mercado local y prescindir de proveedor único a nivel nacional.

Palabras clave: Diisocianato de Tolueno (TDI), paladio, rendimiento, Cenizas, catalizador, metatoluendiamina (MTD), Petroquímica Rio Tercero (PR3).

Abstract

The present final work consists of an intervention-innovation project in which the development of a process for the refining and purification of palladium is proposed to be installed in an industrial complex owned by the Petroquímica Rio Tercero (PR3) company, in the province of Córdoba. Palladium is a critical input used for the manufacture of Metatoluenediamine (MTD), a raw material necessary to produce the main product of the company, Toluene Diisocyanate (TDI). The thematic axes on which the work is developed are: 1- Process for recovery and refining of palladium: Selection of an alternative compatible with the PR3 process. 2- Conceptualization and development of the proposed process: Design and selection of equipment and facilities; 3- Technical-economic viability analysis. Economic evaluation and implementation.

According to the proposed objectives, a quantitative methodology is applied under a descriptive design. The information used is of the secondary type, so previous research works, scientific publications, and information available in the PR3 administrative system are consulted.

Finally, it is worth noting that the results obtained after the implementation of this project greatly exceeded the proposed goals. Achieving both the general and specific objectives. This project allowed PR3 to reduce variable costs of TDI, strengthen its position in the local market, and dispense with a single supplier at the national level.

Key words: Toluene Diisocyanate (TDI), palladium, performance, ashes, catalyst, metatoluenediamine (MTD), Petroquímica Rio Tercero (PR3)

Índice

Introducción	8
Planeamiento y formulación del problema	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos específicos	14
Justificación	15
Marco teórico	16
Proceso productivo de TDI en Petroquímica Río Tercero	16
Usos del Paladio en las industrias	21
La importancia de la innovación tecnológica en las organizaciones	24
Gestión de la innovación y las tecnologías	26
Evaluación de Proyectos	27
Estudio técnico	27
Estudio económico	29
Indicadores de desempeño o KPIs	31
Metodología	34
Fuente de información	34
Proyecto tecnológico propuesto	35
Capacidad productiva	38
Ingeniería básica	43
Identificación de riesgos e impacto ambiental	49
Evaluación económica	53
Análisis de riesgo sobre la inversión “Árbol de Decisiones”	63
Análisis FODA	65

Planificación	66
Cronograma de inversiones.....	66
Cronograma de ejecución.....	67
Implementación del proyecto de intervención-innovación.....	68
Eficacia de la planificación y puesta en marcha de la instalación	68
Eficacia del proceso de purificación y refinado de paladio	70
Grado de cumplimiento y satisfacción de los indicadores económicos.....	71
Evaluación de los indicadores de desempeño (KPI).....	72
Conclusiones	75
Anexos	79

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Productores de TDI en el mundo	10
Gráfico 2 Capacidad instalada por planta a nivel mundial	11
Gráfico 3 Principales países productores de paladio - 2022	22
Gráfico 4 Principales empresas productoras de paladio a nivel mundial - 2022	22
Gráfico 5 Demanda de paladio por sector - 2022	24
Gráfico 6 Registro histórico de cenizas y paladio procesados.....	39
Gráfico 7 Registro histórico precio del paladio	55
Gráfico 8 Cronograma de Flujo de Inversiones	67
Gráfico 9 Tablero de Indicadores de Performance	74

Índice Figuras

Figura 1 Complejo Petroquímica Río Tercero.....	17
Figura 2 Integración de unidades productivas complejo PR3.....	18

Figura 3 Diagrama de flujo conceptual Producción MTD.....	19
Figura 4 Diagrama de flujo circuito de Paladio	21
Figura 5 Clasificación estudios de viabilidad de proyectos.....	28
Figura 6 Partes que conforman un estudio técnico.	29
Figura 7 Identificación del modelo S.M.A.R.T	33
Figura 8 Diagrama de flujo del proceso de refinado.....	38
Figura 9 Diagrama del equipo de digestión y filtración	44
Figura 10 Sistema de tratamiento de gases residuales	46
Figura 11 Plano obra civil.....	48
Figura 12 Análisis mediante árbol de decisiones.....	64
Figura 13 Diagrama de Gantt ejecución del proyecto	68
Figura 14 Vista panorámica Sala de Reactores.....	69
Figura 15 Cronograma de Flujo de Inversiones Planificado vs Real.....	70

Índice Tablas

Tabla 1 Bases de dimensionamiento y capacidad productiva.....	40
Tabla 2 Resultados del laboratorio para determinar volumen de reactores.	41
Tabla 3 Tiempo requerido por cada lote producido o batch	42
Tabla 4 Caracterización del efluente líquido	47
Tabla 5 Detalle Inversión inicial.....	54
Tabla 6 Detalle costos recupero proveedor externo.....	56
Tabla 7 Detalle costos recupero interno PR3.....	57
Tabla 8 Flujo de Caja del proyecto	58
Tabla 9 Resultados indicadores de rentabilidad económica	59
Tabla 10 Análisis de sensibilidad con variaciones en la inversión.....	61

Tabla 11	Análisis de sensibilidad con variaciones en el (%) paladio recuperado	62
Tabla 12	Análisis de sensibilidad con variaciones precio reposición de paladio	62
Tabla 13	Calculo Valor Esperado (VAN) método árbol de decisión	64
Tabla 14	Análisis FODA del proyecto.....	65
Tabla 15	Balances productivos post implementación proyecto de intervención.....	71
Tabla 16	Indicadores de rentabilidad económica con resultados finales	72

Índice Anexos

Anexo 1	Producciones de TDI e inventarios de Paladio (ene-2020 a dic-2022).	79
Anexo 2	Programa semanal de producción para 3 reactores de 100lts cada uno	80
Anexo 3	Especificación técnica sal cloruro de paladio EL-52-106	81
Anexo 4	Especificación solución de cloruro de paladio	82
Anexo 5	Matriz evaluación de impacto ambiental (EIA)	83
Anexo 6	Matriz de evaluación y control de riesgos laborales	88
Anexo 7	Matriz análisis de riesgo de procesos	95

Introducción

Petroquímica Río Tercero (PR3) es una empresa argentina con sede en la localidad de Río Tercero, provincia de Córdoba. Su producto principal es el Diisocianato de Tolueno (TDI), el cual, se emplea para la fabricación de espumas flexibles de poliuretano. Las cuales son utilizadas para la producción de muebles, colchones y autopartes en la industria automotriz. Además, se produce Soda Cáustica, Hipoclorito de Sodio, Ácido Clorhídrico 33%, Policloruro de Aluminio (PAC) y Material Granulado de Carbono.

Para elaborar el TDI, se utiliza un insumo denominado “catalizador”, el cual es formulado a partir de hierro y paladio, metales que son reutilizados mediante una transformación fisicoquímica realizada por un proveedor único a nivel nacional. El paladio es un metal precioso de muy alto costo, cuyo valor de mercado cotiza en el orden de los 70.000 U\$S/kg, con una tendencia al alza debido a la guerra entre Ucrania y Rusia, ya que este último país se constituye como el principal productor a nivel mundial, seguido por Sudáfrica. El paladio que se pierde por eficiencia de los diferentes procesos debe ser reemplazado constantemente por metal nuevo, importado. En el presente una de las variables macroeconómicas que afecta principalmente a las industrias locales, es la dificultad para poder importar insumos, repuestos y equipos tecnológicos.

Petroquímica Río Tercero (PR3), es una compañía con visión corporativa comprometida en lograr los más altos estándares productivos y precios competitivos a nivel internacional. Para poder lograr esta meta, la compañía necesita apostar a la incorporación de nuevas tecnología e innovaciones orientadas a un uso más eficiente de los recursos. Sin duda este es uno de los mayores desafíos que debe enfrentar PR3 en

un escenario de elevada incertidumbre e inestabilidad económica a nivel país, en simultaneidad con una amenazante economía de escala por parte de industrias multinacionales que intentan absorber parcial o totalmente la cuota del mercado local y que actualmente no han podido hacerlo, gracias a las políticas de estado y restricciones arancelarias implementadas por el gobierno nacional para proteger la industria nacional.

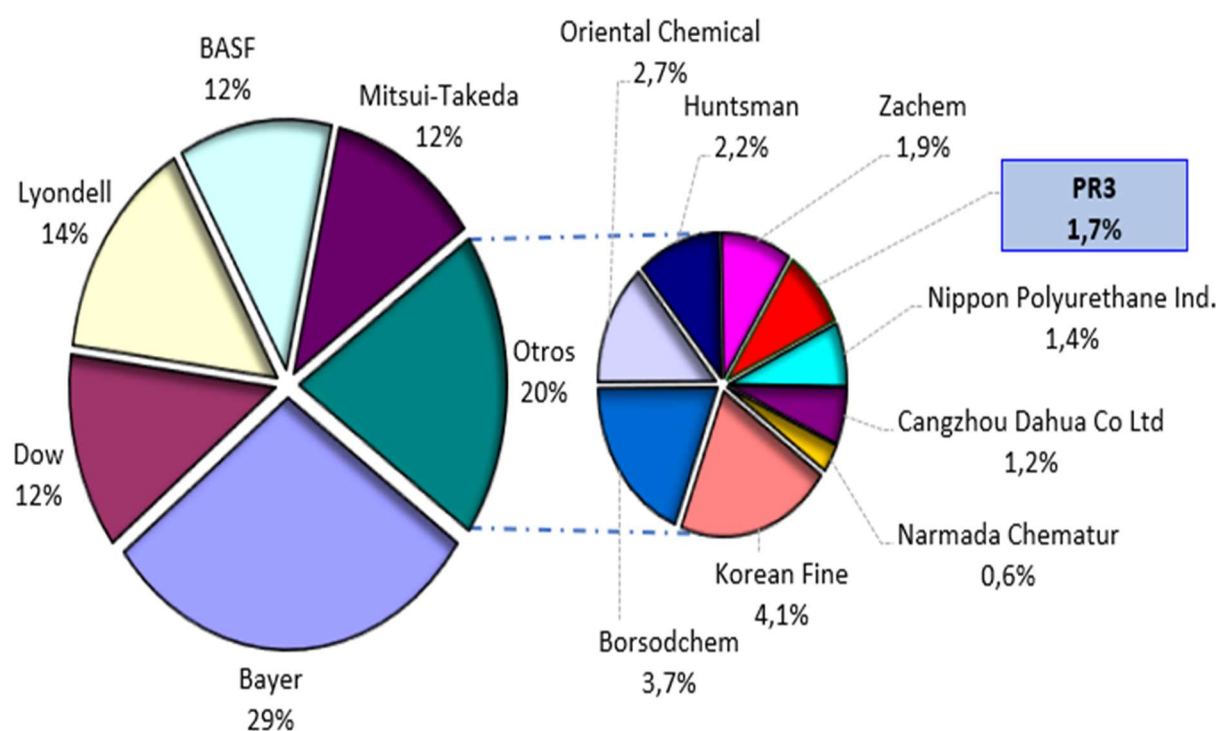
En consideración de lo expuesto, el presente trabajo se basa en un proyecto de innovación-intervención a través del cual se propone el desarrollo de un proceso propio para recuperar y refinar paladio dentro de las instalaciones de Petroquímica Río Tercero. En la sección 1, se abordará la problemática identificada, su justificación e importancia, y se establecerán los objetivos generales y específicos del trabajo. En la sección 2, se presenta un marco teórico que incluye una revisión de la literatura para describir, comprender e interpretar el problema planteado y proporcionar un marco de referencia para interpretar los resultados obtenidos en este trabajo. En la Sección 3, se describe la metodología y los pasos seguidos para recopilar los datos necesarios y los instrumentos utilizados para recopilarlos. Se describen las bases de diseño utilizadas para seleccionar el tipo de proceso, la tecnología y el diseño de las instalaciones y equipos. Se realiza un análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para implementar este proyecto. Se evalúan aspectos económicos de la inversión como el flujo de caja, los indicadores de rendimiento y viabilidad. Por último, se presentan los resultados y conclusiones del trabajo.

Antecedentes

Los principales productores de TDI en el mundo son Bayer, Lyondell, Basf, Dow, Mitsui-Takeda, seguidas por un conjunto de otras empresas minoritarias. Estas empresas tienen instalaciones de producción en varios países, incluyendo Estados Unidos, Alemania, China y Japón. La producción mundial de TDI varía según el año y las condiciones del mercado, sin embargo, según los datos de la consultora ChemAnalyst, en 2022 la producción mundial fue de aproximadamente 3,7 millones de toneladas métricas; siendo Asia el mayor consumidor con aproximadamente el 40% de participación del mercado. El Gráfico 1 y Gráfico 2, muestran la producción mundial porcentual de TDI por empresa.

Gráfico 1

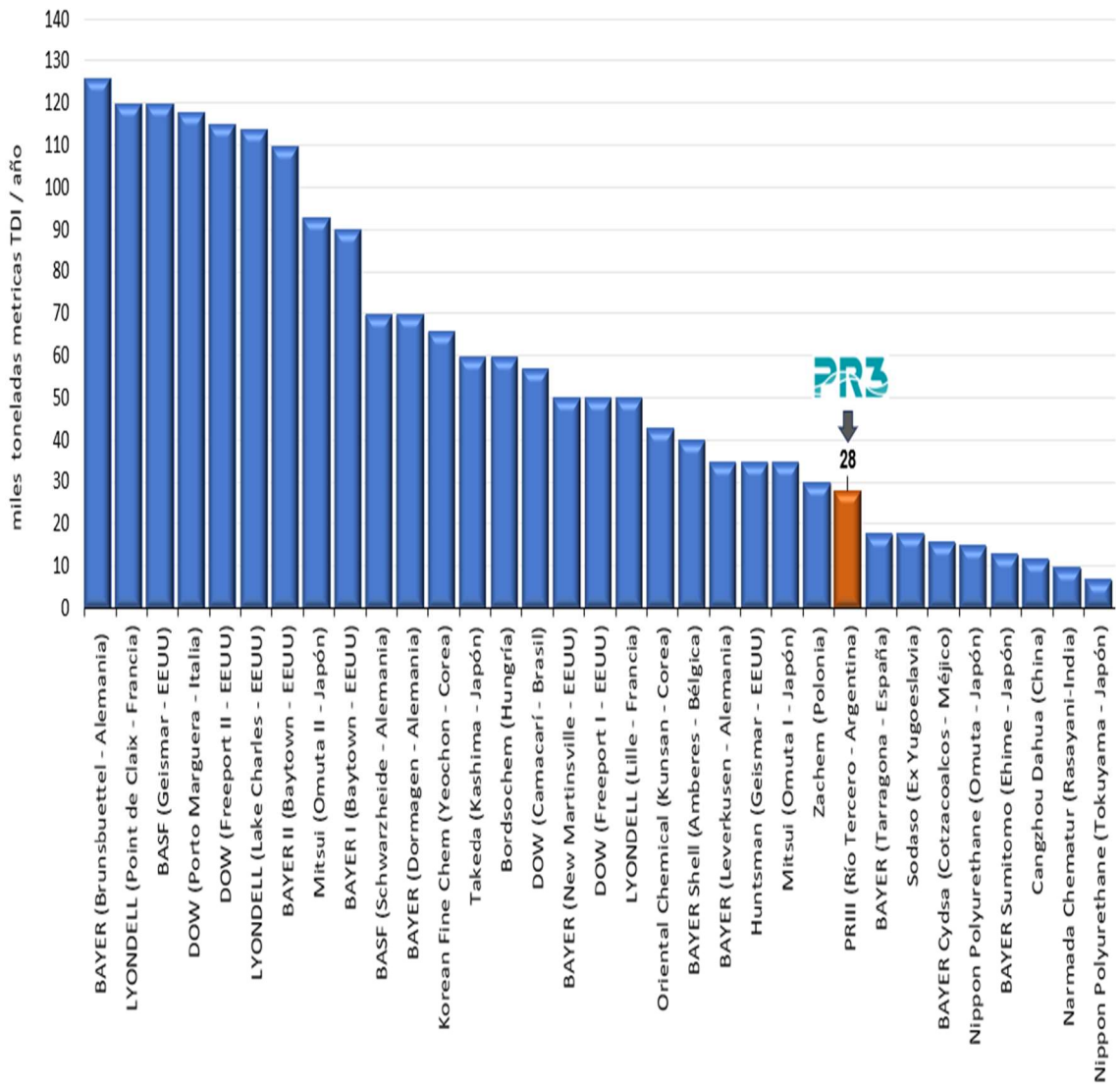
Productores de TDI en el mundo agrupados según su participación en el Mercado



Fuente: Elaboración personal – Ref Toluene Diisocyanate Market 2022- Industry Dynamics and Growth Drivers Until 2030.

Gráfico 2

Capacidad instalada por planta a nivel mundial



Fuente: Elaboración personal – Ref. Toluene Diisocyanate Market 2023- Industry Dynamics and Growth Drivers Until 2030.

Planeamiento y formulación del problema

El paladio es un insumo crítico para la producción del TDI, es muy costoso, es importado y además en Argentina solo existe una sola compañía que brinda el servicio de recuperar paladio a partir de catalizadores agotados. Petroquímica Rio Tercero durante casi cuatro décadas, ha operado gestionando un inventario de paladio que actualmente asciende a 65Kg. Por otro lado, mensualmente se deben realizar compras programadas de 4kg, destinadas a reponer las pérdidas asociadas a la ineficiencia de los procesos propios y del proveedor externo, a quien, se le realizan envíos mensuales de catalizador agotado para su recupero. Ahora bien, en las condiciones macroeconómicas actuales de Argentina, cada día es más difícil poder realizar compras en el exterior. A esto se suma el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania principales proveedores de paladio a nivel mundial. Por otro lado, el elevado capital inmovilizado cercano a los 4,55 MU\$S, sumado a los costos asociados (seguros, transporte, custodia) provocan un impacto negativo sobre el costo variable del TDI, con repercusiones sobre competitividad de la empresa frente a un producto importado que permanentemente amenaza con dominar el mercado local. Para la supervivencia de Petroquímica Rio Tercero, la empresa necesita reducir sus costos productivos y así poder afianzar su posicionamiento en el mercado local y los países limítrofes.

En función a la problemática y los antecedentes expuestos, se presenta el siguiente interrogante:

¿Qué innovaciones tecnológicas necesita implementar PR3 para desarrollar un proceso propio de recuperación y refinado de paladio a partir del catalizador agotado utilizado en la producción de MTD?

Para poder responder el interrogante central es necesario encontrar o dar respuesta a las siguientes preguntas.

- ¿Cuáles de los procesos o técnicas de recupero/refinado de paladio difundidos en la bibliografía científica son aplicables o satisfacen los requerimientos del proceso de elaboración de MTD que posee PR3?
- ¿Qué tipo de inversiones, equipamientos y RRHH son necesarias en PR3 para poder llevar adelante el proceso de purificado y refinado de paladio?
- ¿Qué resultados se podrían obtener de instalar una planta de refinado de paladio dentro de las instalaciones de PR3?

Objetivos

Objetivo General

Proponer el desarrollo de un proceso interno para la recuperación y refinación de paladio en Petroquímica Río Tercero.

Objetivos específicos

O.E.1: Seleccionar un proceso de recuperación y refinado de paladio tecnológicamente viable de ser implementado en las instalaciones de PR3.

O.E.2: Conocer las inversiones, equipamientos y RRHH necesarios en PR3 para el proceso de purificado y refinado de paladio

O.E.3: Evaluar mediante indicadores económicos y de performance (KPI) los resultados obtenidos tras la instalación de la nueva unidad productiva de refinado y purificación de paladio.

Justificación

A lo largo de los años PR3 ha avanzado en términos de eficiencia y productividad gracias a la innovación tecnológica permanente, el desarrollo técnico y profesional de sus colaboradores. Siendo esto uno de los pilares fundamentales sobre los cuales se afianza la visión y la política de la compañía.

El desarrollo y la ejecución de este proyecto innovador le permitirá a PR3 una operación más eficiente y un inventario operativo de Paladio mucho más reducido, lo cual le dará al negocio del TDI mayor rentabilidad y competitividad. A demás, PR3 se podrá independizar del único proveedor de refinación de paladio que existe actualmente en Argentina, condición que año tras año es considerada como una amenaza dentro de la matriz FODA de la empresa. Como ya se ha mencionado en los apartados anteriores, Petroquímica es el único productor de TDI en Sudamérica y Centroamérica, por lo que existe una gran presión de los consumidores de TDI a nivel nacional hacia el Gobierno de abrir las importaciones y poder ingresar producto de menor precio.

Marco teórico

La visión principal de toda compañía es optimizar los costos de sus instalaciones, sistemas productivos y mano de obra, con el fin de mejorar constantemente su rentabilidad y calidad. Esto a partir de implementar mejora continua de sus procesos.

Proceso productivo de TDI en Petroquímica Río Tercero

Petroquímica Río Tercero es la única empresa productora de TDI en Centro y Sur América. Una de las características que la hacen única a nivel mundial, es la compleja integración productiva de sus procesos productivos. Estos inician a partir de materias primas básicas como el gas natural, ácido nítrico, ácido sulfúrico, tolueno, sal, electricidad y alúmina. La empresa ha sido pionera en la producción y comercialización de productos químicos y petroquímicos. La figura 1 muestra la ubicación del complejo Petroquímico en la provincia de Córdoba y la figura 2 muestra la compleja integración del proceso productivo de PR3.

El Diisocianato de Tolueno (TDI) se obtiene a partir de la reacción química entre Fosgeno (COCl_2) y Metatoluendiamina (MTD). Como coproducto de reacción se obtiene el Ácido Clorhídrico 33%, el cual, parte se utiliza como materia prima para la elaboración de Policloruro de Aluminio (PAC) y el resto es comercializado como tal. Durante el proceso de elaboración del TDI, se generan reacciones secundarias que impurifican el producto, los subproductos obtenidos son extraídos, procesados y comercializadas como un compuesto sólido carbonoso de alto valor energético. Este compuesto se utiliza principalmente como combustible alternativo en la industria cementera y metalúrgica.

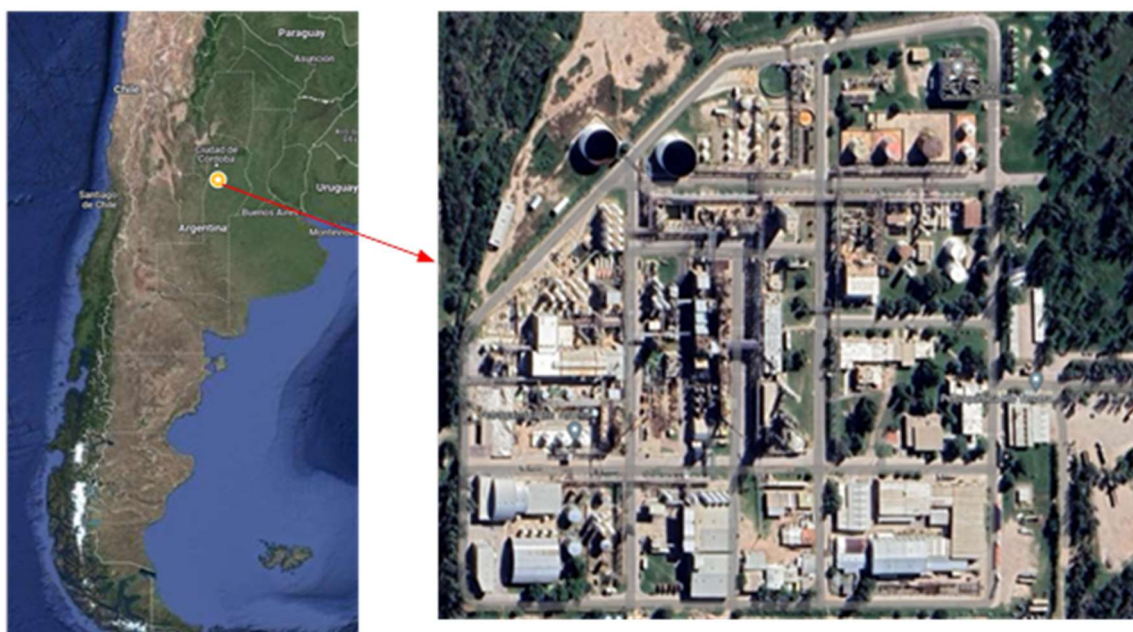
El Fosgeno se obtiene a partir de la reacción entre el Monóxido de Carbono (CO) y el Cloro (Cl_2). El CO es provisto por la Planta de Gases, a partir del reformado

catalítico del Gas Natural, del cual se obtiene además dióxido de carbono (CO_2) e hidrógeno (H_2). El CO_2 se comercializa para la producción de bebidas gasificadas y el H_2 para la producción de la MTD. El Cloro que se requiere para la producción del fosgeno, se elabora en la Planta de Cloro-Soda, a partir de un proceso electrolítico de una solución de salmuera. Adicionalmente se obtiene hidrógeno (H_2), hidróxido de sodio (NaOH) e hipoclorito de sodio (NaClO). El NaOH , conocido comúnmente como soda cáustica, es comercializado en la industria alimenticia al igual que NaClO cuya dilución en agua es popularmente llamada lavandina. El H_2 se utiliza como combustible en calderas para la producción de vapor.

La metatoluidiamina (MTD) se obtiene a partir de hidrogeno (H_2) y dinitrotolueno (DNT). El DNT resulta de combinar químicamente tolueno y ácido nítrico 98% en presencia de ácido sulfúrico 94%. El DNT y el H_2 ingresan a un reactor, que en presencia de un catalizador es posible desarrollar la reacción química que permite combinar ambas especies y obtener así la MTD.

Figura 1

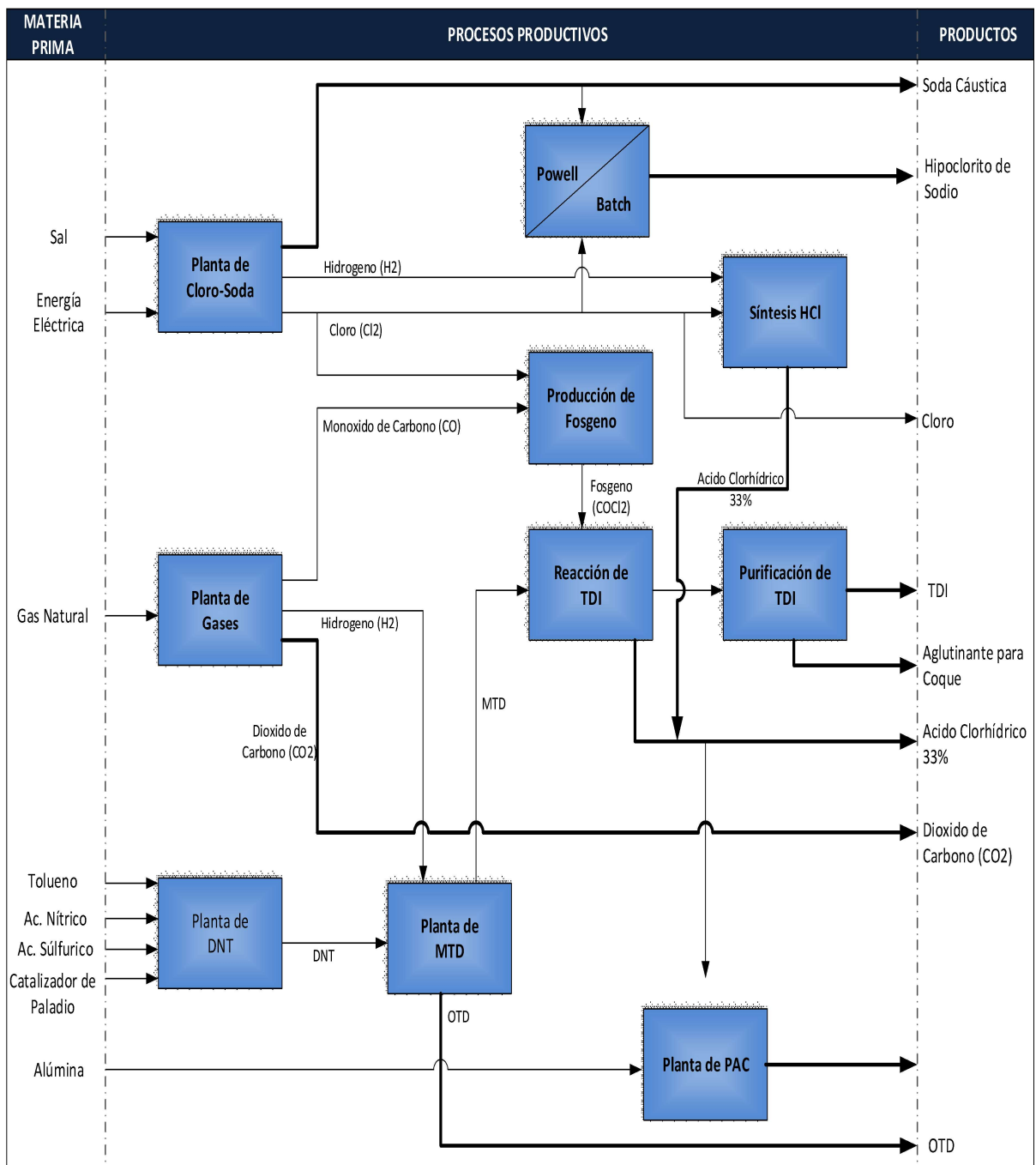
Complejo Petroquímica Río Tercero



Fuente: Google map – imagen satelital 2023

Figura 2

Integración de unidades productivas complejo PR3



Fuente: Elaboración personal

El Paladio y su intervención en el proceso productivo de PR3

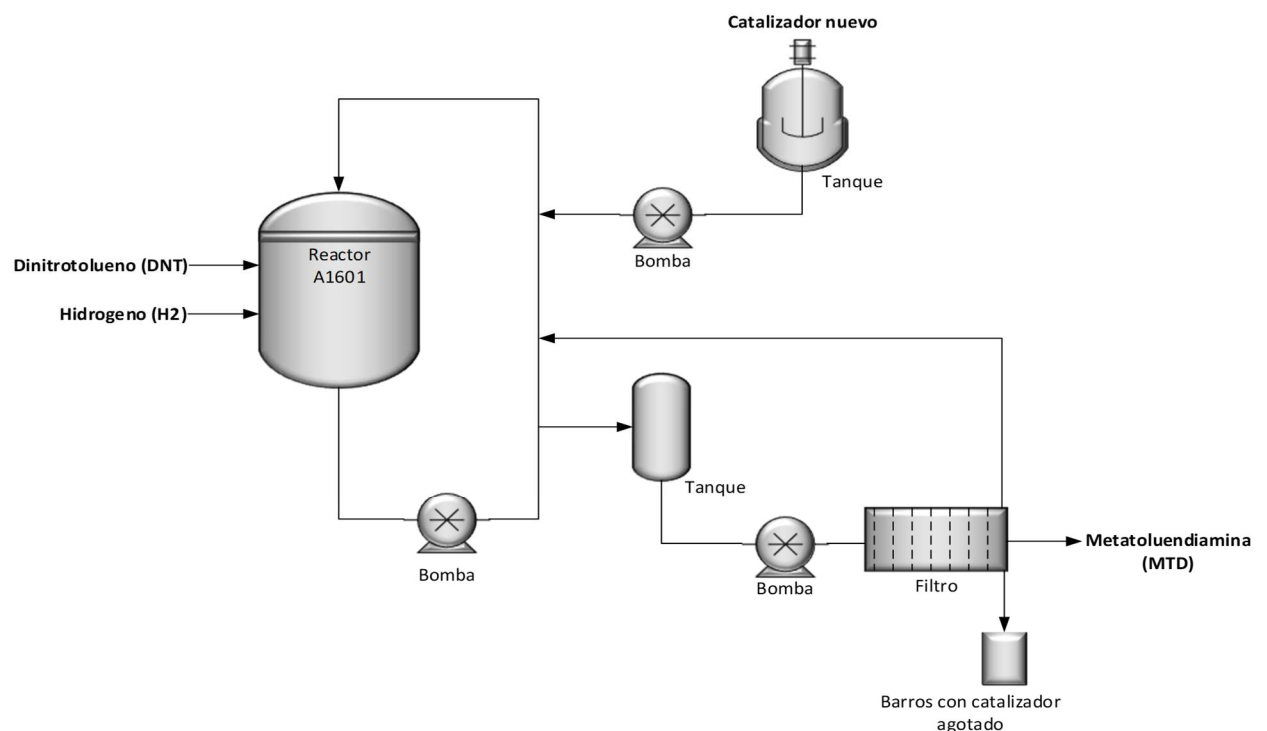
Los catalizadores son sustancias o compuestos que permiten reducir la energía de activación en las reacciones químicas, dando lugar a que estas ocurran más rápida-

mente. En el proceso productivo de la MTD, se utiliza un catalizador el cual es formulado a partir de paladio/hierro, ambos metales son depositados sobre un material carbonoso ultrafino y poroso, denominado negro de acetileno. Este catalizador se dosifica de manera continua y controlada a un reactor de hidrogenación. Por otro lado, a medida que el catalizador va perdiendo su actividad y selectividad, es extrae de manera continua, pasando a través de filtros que permiten su acondicionamiento hasta obtener un sólido pastoso que se dispone en tambores. Estos barros son calcinados en un horno de pirolisis a 1600°C, las cenizas resultantes de la quema ricas en paladio/hierro, son enviadas a un proveedor externo, quien se encarga de extraer el paladio, refinarlo y enviarlo nuevamente a PR3 para ser reutilizado. El paladio se envía como una solución de cloruro de paladio cuya especificación técnica se detalla en el Anexo 4

La Figura 3 muestra un diagrama conceptual de cómo es el proceso a partir del cual se obtiene la MTD y como se maneja el agregado y la extracción del catalizador.

Figura 3

Diagrama de flujo conceptual Producción MTD



Fuente: Elaboración personal

La Figura 4, representa conceptualmente las diferentes áreas que son participes en la gestión y manejo del paladio antes y después de ser utilizado en el proceso productivo de MTD.

Depósito y Gestión de Inventarios

- a. Gestiona y recibe las compras de paladio nuevo, destinado a reponer las mermas del circuito.
- b. Envía al proveedor externo de refinado y purificado las cenizas con alto contenido de paladio.
- c. Recibe del proveedor externo el paladio refinado para ser enviado nuevamente al proceso de elaboración de MTD.
- d. Diariamente el área de Gestión de Inventarios emite un reporte indicando los stocks de paladio en cada sector: deposito, planta, horno de pirolisis, cenizas en proceso de preparación de lote para envío y en el proveedor.

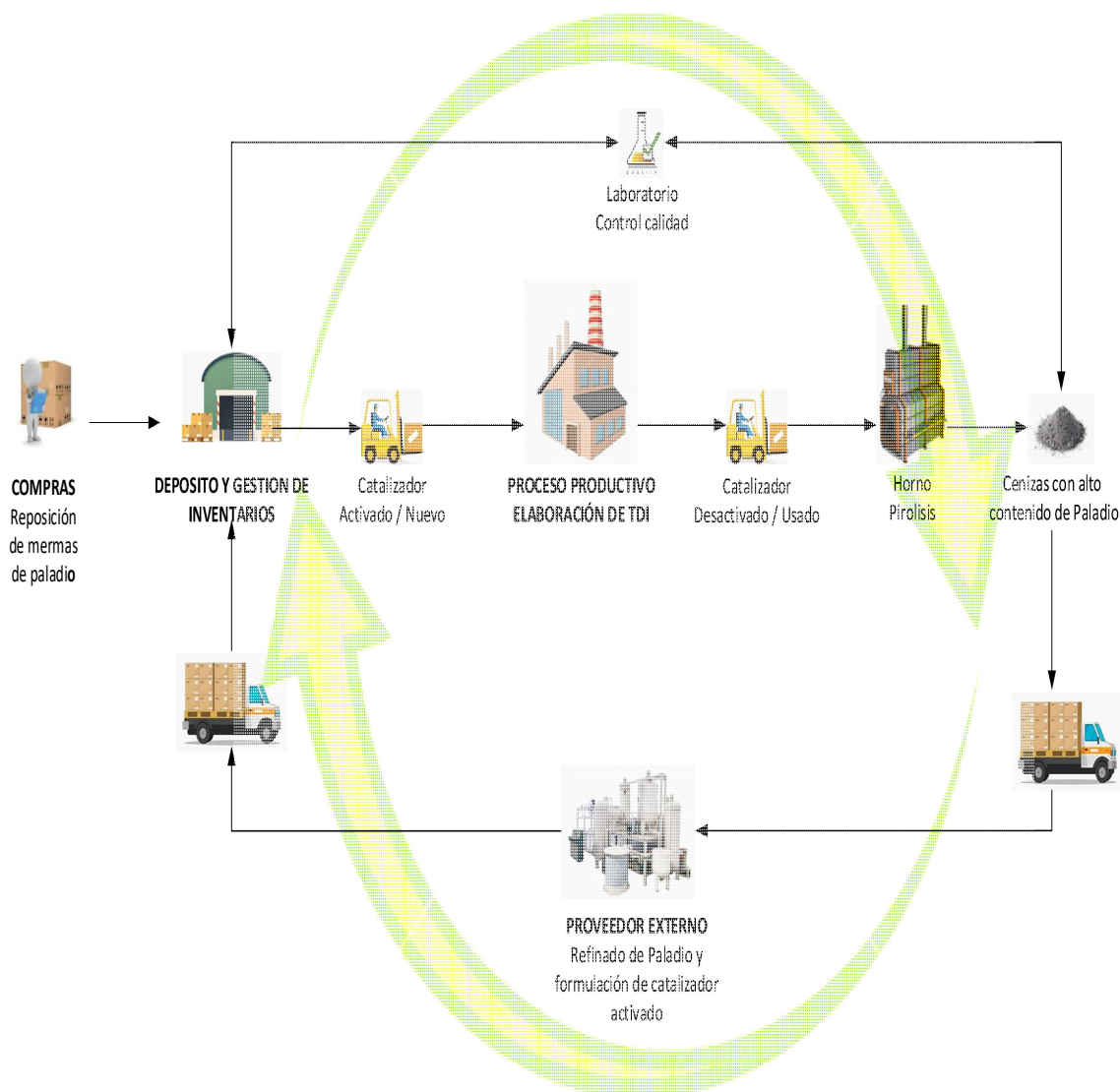
Laboratorio

- e. Realiza los controles de calidad del producto nuevo, el refinado y las cenizas.
- f. Prepara los lotes de cenizas que son enviadas al proveedor. Registra el peso de las cenizas y la concentración del paladio. Esta información es contratada con la cantidad de paladio que retorna nuevamente a PR3.

Proveedor Externo

- g. Procesa la ceniza rica en paladio/hierro enviado por PR3, devolviendo una solución líquida de cloruro de paladio en estado líquido.

Figura 4
Diagrama de flujo circuito de Paladio



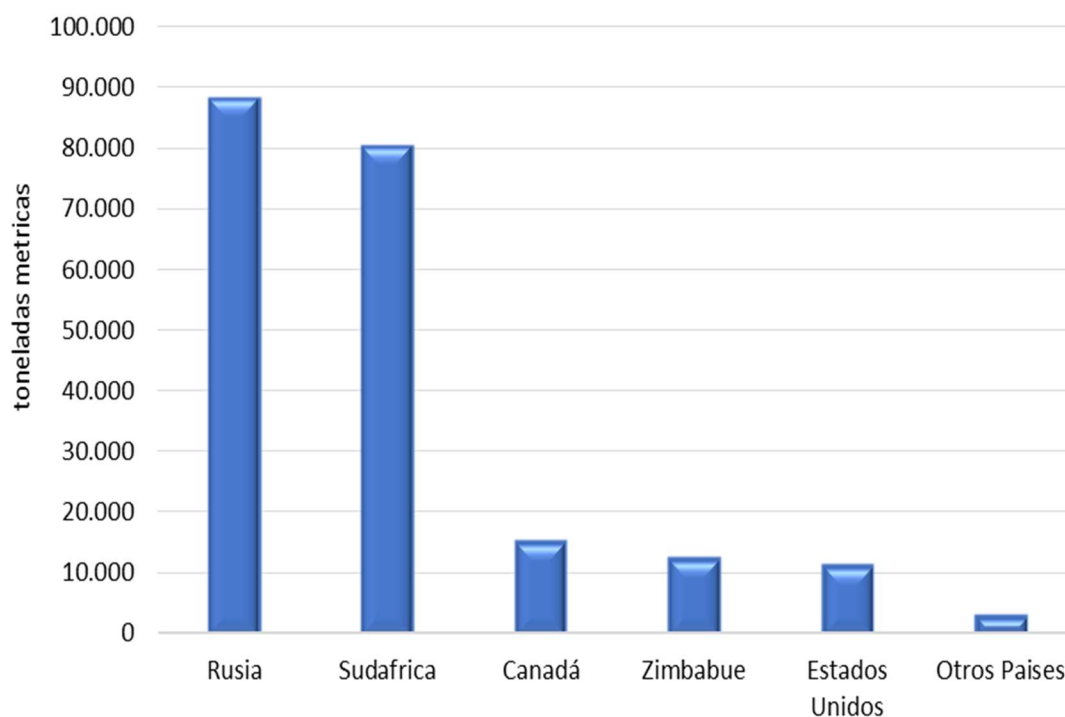
Fuente: Elaboración personal

Usos del Paladio en las industrias.

El paladio es un metal que se extrae como un metal minoritario en las minas de producción de cobre y níquel. Rusia es el principal productor de paladio, con al menos el 50% de participación mundial, seguido por Sudáfrica, Canadá, Zimbabue y Estados Unidos. El Gráfico 3 indica la producción de este metal en el año 2022, en los países mencionados. El Gráfico 4 brinda el detalle de las principales empresas que lideran la producción y comercialización de este metal.

Gráfico 3

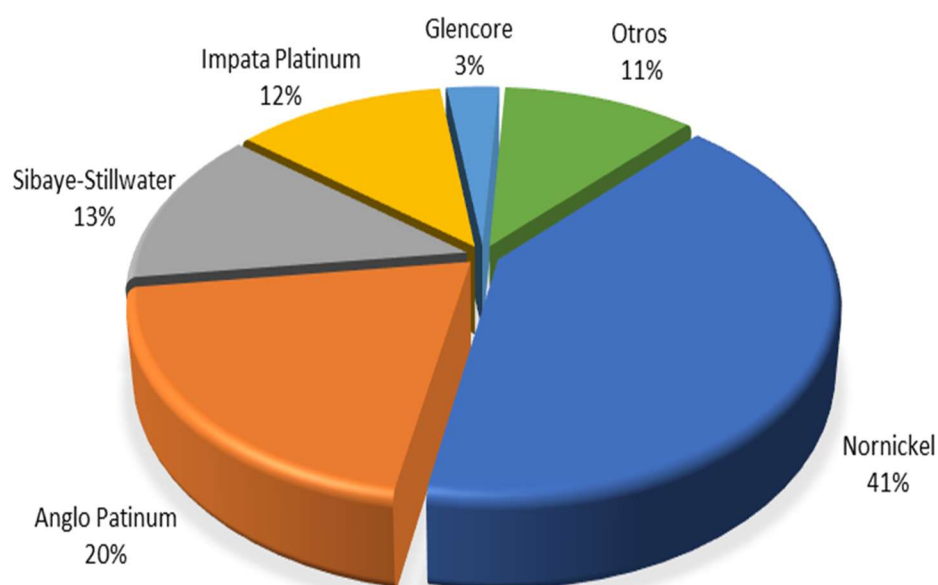
Principales países productores de paladio - 2022



Fuente: Elaboración personal – Ref. (Statista, 2023)

Gráfico 4

Principales empresas productoras de paladio a nivel mundial - 2022



Fuente: Elaboración personal -Ref. (Statista, 2023)

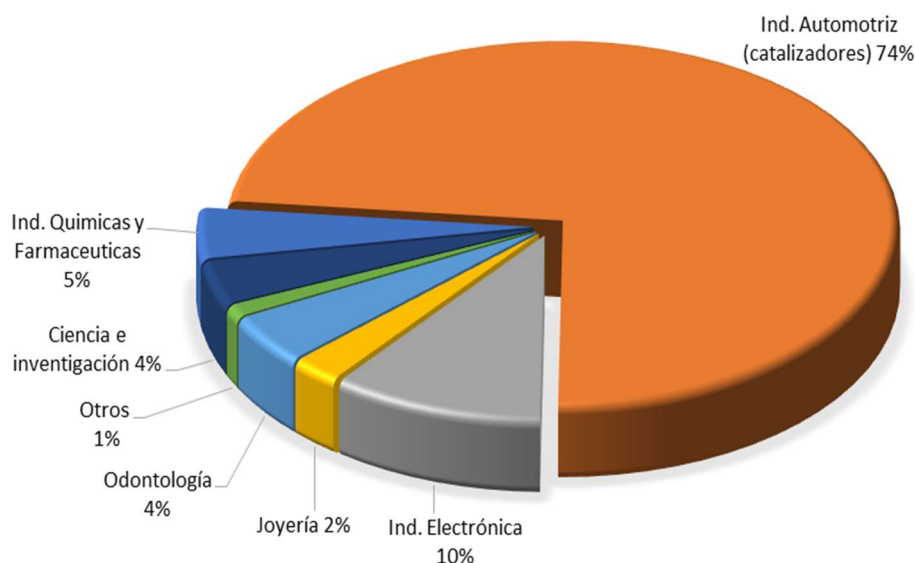
Por sus notables propiedades, el paladio tiene una amplia gama de aplicaciones en industrias de diferentes rubros. Dentro de las más destacadas se mencionan:

- Industria automotriz. se utiliza como catalizador en los convertidores catalíticos de los coches de gasolina para reducir las emisiones contaminantes de CO y NOx.
- Como catalizador químico en varios tipos de reacciones industriales y de laboratorio, gracias a su capacidad para absorber hidrógeno. La más desarrolladas y de mayor relevancia son la hidrogenación de acetileno, etileno y compuesto de nitrotolueno para la producción de TDI.
- En la producción de peróxido de hidrógeno por oxidación reducción de 2-etilantraquinol y 2-etilantraquinona.
- Para fabricar condensadores cerámicos multicapa, utilizamos una gran cantidad de aleación de paladio/plata
- Fabricación de componentes electrónicos o materiales de soldadura.
- Fabricación de membranas para la producción de gas hidrógeno, el paladio es uno de los principales componentes que componen las celdas electroquímicas.
- Por su resistencia química al sulfuro de hidrógeno (H₂S), se utiliza para la fabricación de joyas ya que permanece brillante y no ennegrece.

El Gráfico 5 representa para el 2022 la demanda mundial de paladio agrupado por tipo de industria.

Gráfico 5

Demanda de paladio por sector - 2022



Fuente: Elaboración personal – Ref. (Statista, 2023)

La importancia de la innovación tecnológica en las organizaciones

Baca Urbina (2013, p. 8) cita una reflexión realizada por Michael Porter quien publicó en 1980 en sus primeras ideas sobre la ventaja competitiva. En su libro Porter sostiene que la competencia entre empresas se genera a través de los activos que poseen, conocimientos de tecnología, reputación, trabajo en equipo, habilidades personales, cultura organizacional, entre otros aspectos. La empresa que tenga o aproveche cualquiera de estos aspectos mejor que otras empresas del mismo sector, tendrá la suficiente fuerza y capacidad para vencer a las empresas rivales. Esta idea inicial dio lugar a que cinco años más tarde (1985), Porter desarrollara el concepto de estrategia competitiva, que es un plan para que la empresa adquiriera una ventaja competitiva sustentable, o bien que pueda reducir las ventajas que tiene la competencia sobre la empresa. Por ventaja competitiva sustentable se entiende que la empresa hace algo o aprovecha algo, que ninguna otra empresa lo hace y además es difícil que otras empresas puedan copiar o replicarlo por un buen periodo, por lo que la ventaja se vuelve

sustentable. Los dos pilares básicos de “hacer algo” o “aprovechar algo” para obtener una ventaja competitiva son la diferenciación de producto o elaborar un producto igual a los demás, pero a menor costo. Por diferenciación de producto se debe entender elaborar un producto con características únicas que normalmente tiene algún secreto tecnológico. Por otro lado, si se logra elaborar el mismo producto a menor costo, también puede convertir a la empresa en líder de precios en el mercado.

Baca Urbina (2013, p. 9), cita en su obra una reflexión de Mitzenberg (2002), elaborar un producto único o un producto similar a menor costo, no se va a lograr con sólo desearlo. Para esto, la planeación estratégica debe iniciar con la declaración de la misión, visión y objetivos de la empresa. Todas las acciones directivas, tácticas, operativas e inversiones que realice la empresa, deberán estar alineadas o dirigidas hacia el logro de la misión, visión y objetivos planteados. De esta forma, si la visión y los objetivos son elaborar un producto único, o bien elaborar un producto igual a los demás, pero a menor costo, todos los esfuerzos que haga la empresa estarán encaminados a lograr esos objetivos. Una ventaja competitiva se obtiene cuando se alcanza cualquiera de los dos o incluso los dos objetivos mencionados.

Bajo la misma línea de pensamiento, Baca Urbina (2013, p. 10), sostiene que la coordinación de actividades es básica para lograr la ventaja competitiva, lo cual requiere que la cadena de valor se maneje como un sistema, más que como una secuencia de actividades separadas. La ventaja competitiva es así una función de la forma en que una empresa puede manejar la cadena de valor. La forma en la cual coordina dicha cadena es lo que le dará la ventaja competitiva.

Por su parte Lee Krajewski (2008, p. 5), reflexiona acerca de la competencia extranjera y la explosión de nuevas tecnologías, las cuales aumentan la conciencia de

que una empresa compita no sólo con la oferta de nuevos servicios y productos, marketing creativo y destreza en las finanzas, sino además con sus competencias únicas en operaciones y la administración responsable y eficaz de los procesos centrales. La organización que ofrece servicios y productos superiores a precios bajos se convertirá en un competidor formidable.

Escorsa y Valls (2003, p.5) mencionan como la innovación ha pasado a ser palabra clave dentro de la elaboración de la estrategia de cualquier empresa sin importar su tamaño. El interés despertado por esta variable tan importante está estrechamente relacionado con la competitividad que ella es capaz de proporcionar. La innovación incluye un compromiso en la continua renovación de productos, sistemas, procesos, marketing y personal.

Gestión de la innovación y las tecnologías

En la década de los 90, la gestión de la investigación y el desarrollo (I+D) trataba de mejorar la utilización de los recursos humanos y materiales para producir conocimiento. La selección, dirección y control de los proyectos de I+D o la motivación del personal de los laboratorios fueron algunos temas donde marcaron grandes progresos. Sin embargo, años después, las empresas constataron que no tenían bastante con resolver los problemas de I+D, sino que lo que era realmente prioritario era innovar, es decir, convertir estos conocimientos en nuevos productos o procesos que permitieran aumentar su rentabilidad. (Escorsa Castells & Valls Pasola, 2003, p.46).

Empresas con actividades de investigación propias tienen usualmente más capacidad para reconocer y adoptar nuevas tecnologías en su área de negocios. En este sentido y para el caso particular del negocio del TDI, empresas como Bayer, Dow, Hunts-

man, Chematur y Basf poseen sus propios centros de investigación y desarrollo tecnológico, que se mantienen cautivos y altamente confidenciales. Por otra parte, la apuesta permanente por el capital humano y su formación técnica, han sido la clave que le permitieron a Petroquímica Río Tercero subsistir y desarrollar sus procesos productivos alcanzando estándares de calidad y eficiencia que igualan a las antes mencionadas.

Evaluación de Proyectos

Estudio técnico

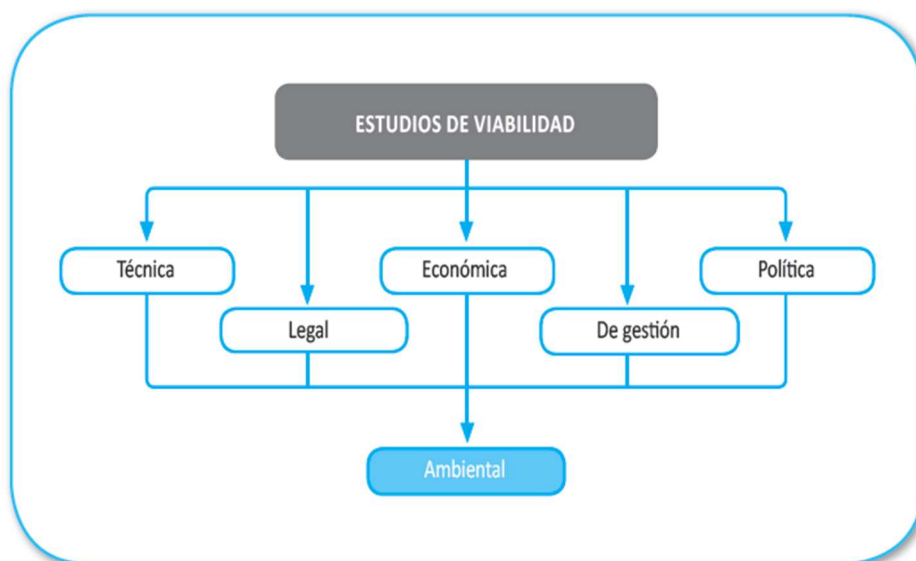
“El diseño de un nuevo proceso y la optimización de todas sus áreas, incluso las actividades que se realizan en cada una de ellas, es una de las partes de la metodología de la evaluación de proyectos más desafiantes, a la vez que es la más apropiada para verdaderos ingenieros. Aquí debe entenderse a la palabra ingeniero en su acepción original, esto es, un verdadero ingeniero no es aquella persona que ha estudiado o estudia una licenciatura en ingeniería, sino aquella que realmente es ingeniosa para resolver problemas. Para esto es necesario desarrollar competencias de creatividad e innovación”. (Baca Urbina, 2013, p. 96).

En el mismo sentido Nassir Chain (2011, p. 28) sostiene que la evaluación de proyectos de inversión en una empresa en marcha tiene diferencias significativas respecto de la evaluación de proyectos para medir la conveniencia de la creación de nuevos negocios, los fundamentos conceptuales básicos son comunes a ambos tipos de estudios. El evaluador del proyecto debe recopilar y analizar la máxima de información disponible para ayudar al inversionista a elegir la mejor opción. Para esto es fundamental identificar todas las opciones y sus viabilidades como único camino para lograr identificar uno óptimo. Por otro lado, el análisis del entorno donde se sitúa la empresa y el proyecto que se está evaluando, es fundamental para determinar el impacto de las

variables controlables y no controlables. La viabilidad técnica busca determinar si es posible, física o materialmente, hacer un proyecto. En este sentido el autor propone una clasificación de los estudios de viabilidad a ser considerados por los evaluadores en cualquier tipo de proyecto. Esta clasificación se presenta en la figura 5

Figura 5

Clasificación estudios de viabilidad de proyectos

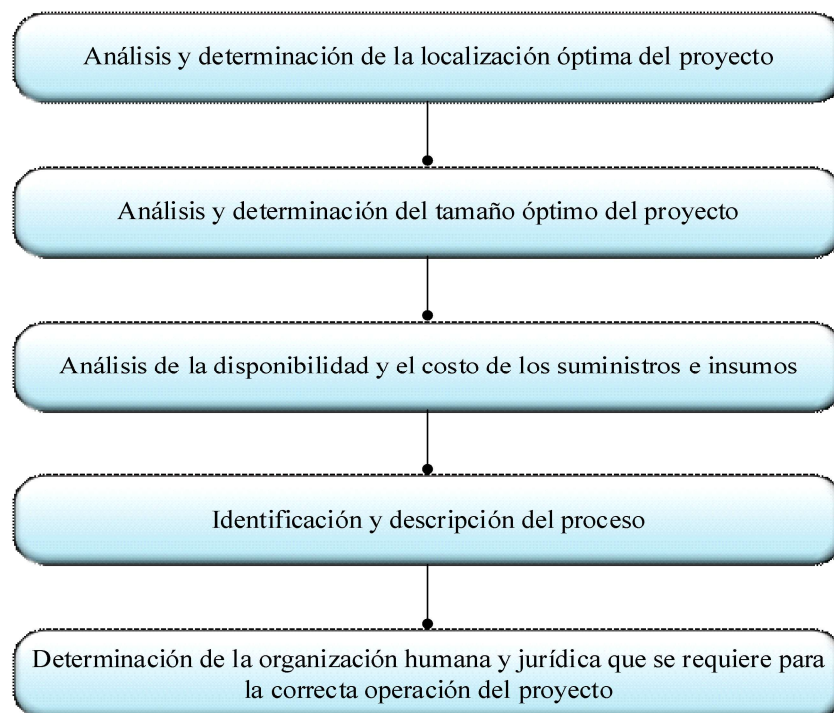


Fuente: (Chain, 2011, p.28)

Bajo estos mismos lineamientos el autor Baca Urbina (2013, p. 97), brinda un marco conceptual más detallado sobre el estudio técnico, indicando que el mismo pretende resolver preguntas referentes a dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir un producto, porque el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto. La figura 6 identifica y resume cada una de las partes que conforman dicho estudio.

Figura 6

Partes que conforman un estudio técnico.



Fuente: Elaboración personal – Ref. (Baca Urbina, 2013,p. 97)

Estudio económico

El análisis económico es una herramienta fundamental para determinar los recursos económicos necesarios para la realización de un proyecto, así como el costo total de operación de la nueva unidad productiva. Es importante orden y sistematizar la información monetaria a los fines de elaborar cuadros analíticos que sirvan de base para la evaluación económica. Para llevar a cabo la evaluación económica, se debe tener en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Finalmente, el estudio se completa con la confección de indicadores económicos y de rendimiento, que permiten al inversionista tomar decisiones de invertir o no en el proyecto. En algunas situaciones el inversionista solicita una reevaluación del proyecto, bajo nuevas premisas que le permitan comparar o competir con otros proyectos en cartera.

Para realizar el estudio económico, se pueden utilizar diversas fuentes bibliográficas. En particular, los autores Baca Urbina (2013) y Chain (2011) son referentes en este campo. Ambos autores coinciden en que todo proyecto debe ser acompañado de un estudio de riesgo e incertidumbre. Los riesgos en un proyecto son una condición incierta que, si se producen, tienen un efecto positivo o negativo en uno o más objetivos del proyecto. Los riesgos negativos se denominan “amenazas” y los positivos “oportunidades”

En lo relacionado al estudio económico, se introducirán conceptos como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Período de recuero (PP) de sus siglas en inglés (Payback Period).

Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es el método más conocido y aceptado por los evaluadores de proyectos. Este indicador mide el resultado excedente después de obtener la rentabilidad deseada o exigida después de recuperar toda la inversión. Para ello, el VAN se calcula a partir del valor actual de todos los flujos futuros de caja (F_t), que serán proyectados a partir del primer periodo de operación hasta el período (n), a estos se les aplica la tasa de retorno o tasa de descuento (i) y se le resta la inversión total expresada en el momento cero (I_0). Chain (2011, p.302) y Baca Urbina (2013, p. 209)

$$\text{Ec. (1)} \quad VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

- ❖ Si $VAN > 0 \rightarrow$ Implica una ganancia extra sobre la tasa de retorno aplicada a lo largo del periodo considerado. Esto explica la gran importancia que tiene seleccionar una tasa (i) adecuada.
- ❖ Si $VAN = 0 \rightarrow$ Indica que el proyecto reporta exactamente la tasa que se quería obtener después de recuperar el capital invertido.

- ❖ Si $VAN < 0$ → El proyecto no alcanza el valor de rentabilidad exigido. En este caso los autores de referencia recomiendan rechazar el proyecto en términos económicos.

Tasa interna de Retorno (TIR)

Siguiendo a Chain (2011, p.305), la tasa interna de retorno mide la rentabilidad en términos porcentuales. Esto indica que se puede exigir al proyecto una ganancia superior a esa Tasa. En cuyo caso la máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea igual 0.

Período de recupero

El período de recupero es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto, tiene por objeto medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital. Este criterio es un complemento al VAN y la TIR. La fórmula de reembolso presenta algunos defectos bastante evidentes, entre ellos, no toma en consideración el valor del dinero a través del tiempo, sólo se concentra en la recaudación dentro del periodo de reembolso, la recaudación de los años posteriores es ignorada. A pesar de estas desventajas, este método se sigue utilizando en algunos casos, por ejemplo, si una empresa tiene poco efectivo, el administrador financiero podrá recurrir al método de periodo de recuperación para dar énfasis a aquellas inversiones que devuelvan los fondos más rápido. Chain (2011, p.307) y Baca Urbina (2013, p. 212)

Indicadores de desempeño o KPIs

La medición de los procesos y actividades dentro de las organizaciones se ha convertido a través de la historia en una herramienta efectiva, con capacidad de arribar a resultados que permiten tomar decisiones fundamentales para el cumplimiento de los

objetivos y trazar metas alcanzables a corto, mediano y largo plazo, superando las expectativas y controlando de manera óptima el rendimiento de los proyectos y sus procesos asociados.

La medición es un aspecto fundamental para poder mensurar y evaluar cualquier proceso. Existe una frase muy popular que dice *“Lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar no se puede mejorar.”* Si bien la misma es comúnmente atribuida a Peter Drucker, en realidad fue dicha por el físico y matemático británico William Thomson Kelvin entre 1824 y 1907.

Definición de Indicadores

Magnitud utilizada para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad. Resultado cuantitativo de comparar dos variables. Medida sustitutiva de información que permite calificar un concepto abstracto. Se mide en porcentajes, tasas y razones para permitir comparaciones. (Casteblanco, Hamon, & Pinzon, 2014)

Definición de KPIs (Key Performance Indicators)

Los objetivos se deben monitorear para asegurar su cumplimiento. Los KPIs ofrecen criterios para determinar si los objetivos se están alcanzando. Por esto, se necesitan determinar los indicadores clave de rendimiento y su relación con los objetivos y así asegurar que lo que se quiere medir es lo que se está midiendo. (Popova & Sharpanskykh, 2011)

Por su parte (Barone, Jiang, Amyot, & Mylopoulos, 2011), asientan que los indicadores claves de rendimiento los KPIs permiten medir el desempeño de cada uno

de los procesos que hacen parte de una estrategia de negocio, estos ayudan a comprender la eficacia de los procesos con relación al logro de los objetivos, facilitando la toma de decisiones. Los KPIs se definen en función de dos elementos: los objetivos y los datos que podemos obtener de los procesos.

Para la definición de los KPIs se utiliza el modelo S.M.A.R.T. el cual permite obtener indicadores inteligentes, posibles y eficaces. En la Figura 7 se indican las preguntas a responder para que un indicador cumpla con el modelo SMART.

(Casteblanco, Hamon, & Pinzon, 2014)

Figura 7

Identificación del modelo S.M.A.R.T



Fuente: Elaboración personal

Metodología

El enfoque metodológico de este trabajo es *cuantitativo* con un diseño *descriptivo*. Como bien indica Sampieri, Collado, Lucio (2014, p. 92) en los estudios descriptivos el investigador busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno o proceso que se analice, permitiendo de esta manera mostrar con precisión los diferentes ángulos o dimensiones que hacen al proceso o el fenómeno estudiado.

En sintonía con los objetivos y la metodología adoptada, las fuentes de información que se utilizan para este proyecto son del tipo *secundaria*. En este sentido, el trabajo se inicia con la recopilación y estudio de datos estadísticos de inventarios, consumos, rendimientos, producción, costos y tiempos de producción. A partir de esta información y mediante el uso de técnicas específicas recomendadas por la bibliografía de consulta en libros, publicaciones científicas e informes de ensayos realizados en el laboratorio de PR3, se desarrolla y propone un proceso de recuperación y refinado de paladio técnicamente apto para ser instalado, integrado y operado en las propias instalaciones de PR3.

Fuente de información

a- Informes mensuales de producción

Al cierre de cada mes, el área de administración industrial de PR3 emite un informe, el cual brinda información relacionada a los consumos reales, estándares, desvíos y costos de cada uno de los procesos productivos. A partir de dicho informe se confecciona la tabla que se presenta en el Anexo 1 (p. 79), en la cual se detalla información relacionada a la producción de TDI, cantidades de paladio ingresado al proceso, recuperado y enviado al proveedor externo, cuantificación de pérdidas y

rendimientos. Esta información proveerá las bases para poder realizar el dimensionamiento y el escalado del proyecto.

b- Reportes y tendencias de precios internacional del paladio.

Para determinar el costo del paladio al momento de realizar compras, se utiliza el precio de metales preciosos publicado por la página Kitco (<https://www.kitco.com/>)

c- Especificaciones técnicas de calidad

La empresa cuenta con un manual de calidad en el cual se detalla la información técnica de cada insumo, materia prima y producto utilizado y/o producido en la compañía. Los datos proporcionados por dicho manual consideran: características fisicoquímicas, composición, estado (líquido / sólido / gas), presentación o envoltorio y ficha de seguridad y manejo seguro.

En el *Anexo 3* se indican las especificaciones técnicas de las cenizas obtenidas del proceso de calcinación las cuales constituyen la materia prima tanto para el proveedor como para en nuevo proceso propuesto. Especificación técnica EL-52-106 “Cloruro de paladio – sal de alta pureza”

En el *Anexo 4* se brinda la especificación de la solución de cloruro de paladio (catalizador). Especificación técnica EL-52-107 “Solución de Cloruro de Paladio”

Proyecto tecnológico propuesto

En base al estudio cuantitativo de los datos recopilados y la bibliografía específica de consulta (Alguacil, 1995) y (Sarioglan, 2013), se propone instalar en el predio de Petroquímica Río Tercero (PR3), una nueva unidad productiva que permita recuperar y refinar el paladio utilizado para la producción de MTD; operación actualmente

desarrollada por un tercero. Para perfilar los análisis de viabilidad técnica y económica, se tomaron como referencia los trabajos de Baca Urbina (2013) y Chain (2011), de acuerdo con lo indicado en el marco teórico (p.28).

Para dar comienzo a las próximas etapas, iniciaremos citando una frase de Baca Urbina (2013, p. 100).

“En esta parte de la metodología de evaluación de proyectos es donde más se requiere de ingenieros, en el sentido de las personas que utilizan su ingenio para resolver los problemas. Para determinar el tamaño óptimo de la planta es necesario conocer con mayor precisión tiempos predeterminados o tiempos y movimientos del proceso, o en su defecto diseñar y calcular esos datos con una buena dosis de ingenio y de ciertas técnicas. Si no se conocen estos elementos, el diseño de la planta viene a ser un arte más que un acto de ingeniería”

Memoria descriptiva y conceptual del proceso alternativos

Tomando como base los lineamientos publicados por Alguacil, Francisco José (1995, p. 255) en la revista científica de Metalurgia bajo el título “*El refinado de los metales del grupo platino*”, los estudios presentados por Sarioglan Serife (2013, p. 290) publicados en revista científica Platinum Metal como “*Recuperación de paladio a partir de catalizadores de paladio usados con carbón activado*” y el informe Lab 3192/2022 emitido por el laboratorio de PR3, se adoptan los lineamientos generales para establecer y diseñar el proceso de recuperación de paladio a partir del Catalizador Agotado de Hidrogenación (C.A.H.). Las etapas conceptuales del método seleccionado se representan en la figura 8, bajo la metodología de diagrama de bloques.

El proceso inicia con la incineración del CAH para eliminar el agua del barro, restos de metatoluidiamina (MTD) y el negro de acetileno que se utiliza como soporte

del Pd y el Fe en las etapas de preparación del catalizador. El resultado de la incineración es una ceniza compuesta por los óxidos de los metales, compuestos volátiles (carbón no incinerado) e insolubles (silicatos).

Las cenizas obtenidas de la incineración se separan en lotes de 3 kg, luego se disponen en reactores de vidrio provistos con sistemas de agitación y calefacción. Tras introducir las cenizas al reactor se agregan 15 litros de ácido clorhídrico al 33,5% y 1,5 litros de ácido nítrico al 65% por cada kg de cenizas. La solución dentro del reactor se mantiene agitada y en ebullición a 120°C por al menos 20hs y posteriormente se deja enfriar hasta temperatura ambiente.

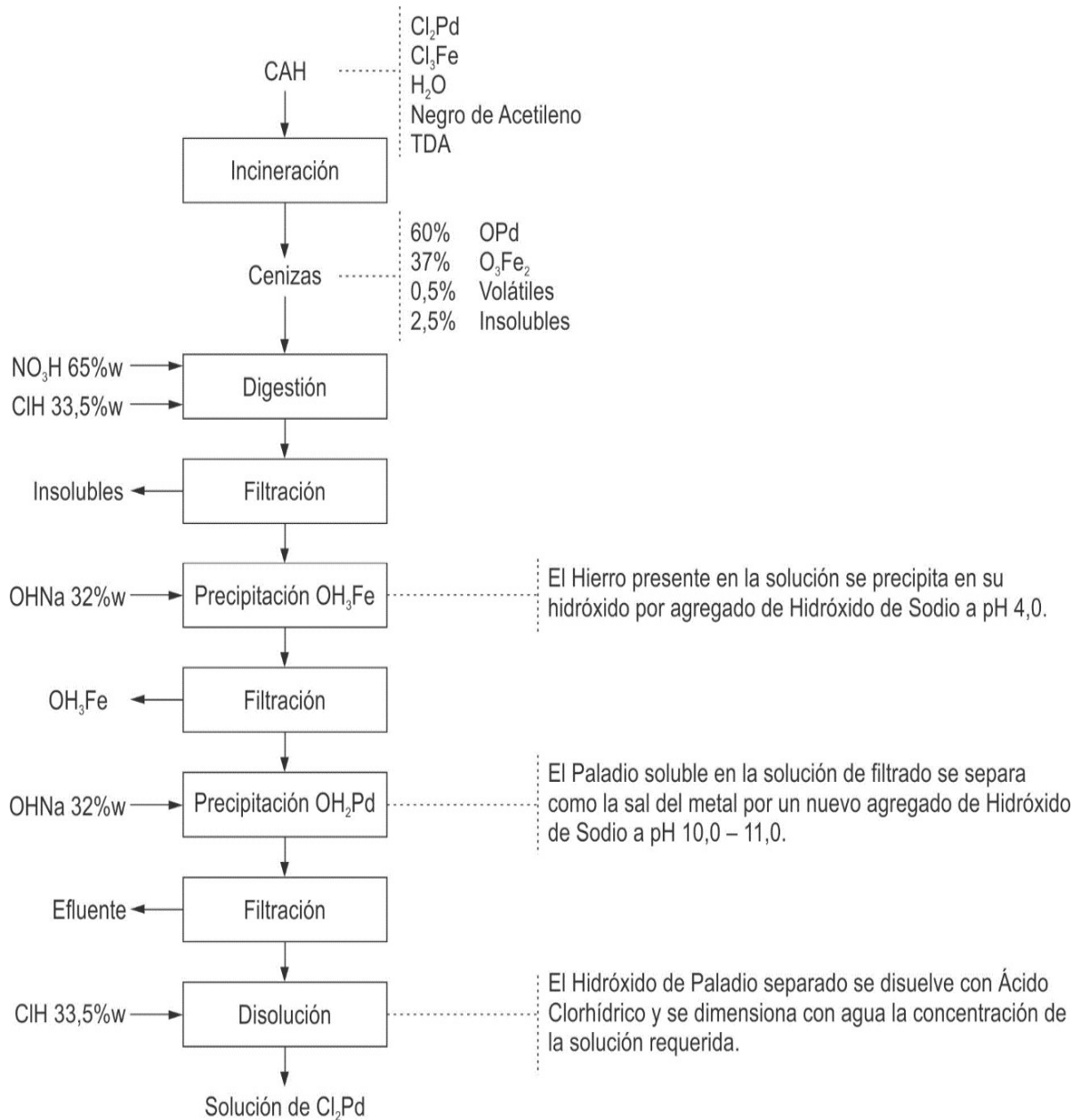
El contenido del reactor se filtra a través de un filtro de celulosa. El objetivo de esto es retener y descartar material que no ha reaccionado al cual denominamos como “material insoluble”. El líquido que pasó el filtro se retorna al reactor y se agrega soda cáustica hasta llegar pH 4 y se filtra nuevamente. El sólido retenido es hidróxido férrico, este se disuelve en ácido clorhídrico y se guarda como solución de Cl_3Fe al 42%w.

La solución filtrada se vuelve al reactor y se agrega nuevamente soda cáustica, pero esta vez hasta alcanzar un pH 10/11 y se deja en reposo hasta precipitar. El contenido del reactor se filtra y al sólido retenido se lo disuelve en ácido clorhídrico para formar la solución de Cl_2Pd , mientras que la fase líquida constituida por una solución salina de cloruro de sodio se descarta (previo análisis).

La solución de cloruro de paladio obtenida es normalizada a una concentración de 120gr Pd/l, de acuerdo con la especificación técnica interna de PR3, identificada bajo el código EL-52-107 (rev. 13)

Figura 8

Diagrama de flujo del proceso de refinado



Fuente: Elaboración personal

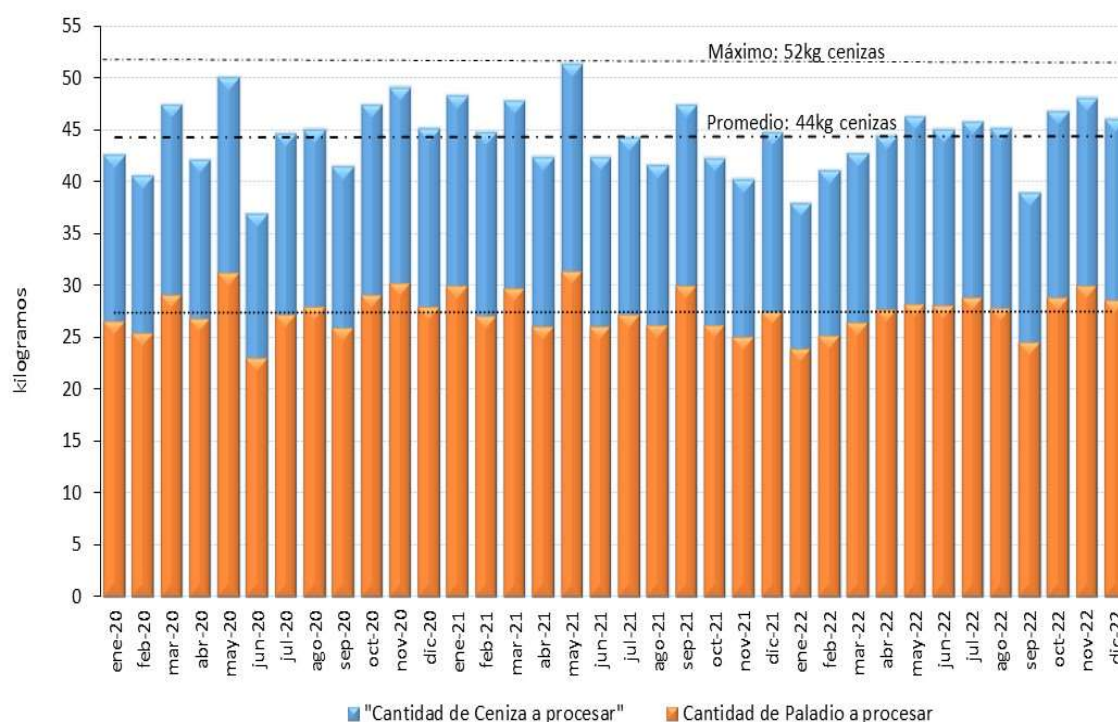
Capacidad productiva

Para poder definir la capacidad productiva a partir de la cual debe ser diseñado el proceso productivo propuesto, es necesario analizar la “*demanda*”, que en este caso estará dada por la cantidad de cenizas y paladio que se procesan mensualmente.

El Gráfico 6 se obtiene a partir de la información presentada en el Anexo 1 (p.79), a partir del misma es posible observar que la cantidad de cenizas a procesar durante los tres períodos de análisis (2020, 2021 y 2022) presenta una “*tendencia secular*”. Baca Urbina (2013, p. 30) define a este tipo de tendencias como aquellas en las cuales, la variación que presenta la demanda tiene poca variación en largos periodos y su representación gráfica es una línea recta o una curva suave.

Gráfico 6

Registro histórico de cenizas y paladio procesados



Fuente: Elaboración personal – elaborado a partir de los datos presentados en el Anexo 1, p. 79

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos del análisis estadístico de los datos presentados en el Anexo 1(p. 79), dichos valores son los que se adoptarán para realizar el dimensionamiento de la instalación. Para proyectar la demanda en función de la producción de TDI, se utiliza el *método de regresión lineal*. La Planta de TDI posee una capacidad productiva de 2.400 t/mes.

Utilizando el “*método de escalado*” es posible reproducir a escala industrial las mismas condiciones ensayadas en el laboratorio o un ensayo piloto. Para esto y siguiendo con los lineamientos propuestos por Baca Urbina (2013, p. 109). Se investigan las capacidades de equipos disponibles en el mercado y se calcula la máxima producción de acuerdo con la cantidad de turnos de trabajo. Posteriormente hay que considerar las características del proceso, días que se trabajarán al año y si el proceso productivo puede detenerse en cualquier momento sin perjuicio de este o de los costos de producción.

Tabla 1

Bases de dimensionamiento y capacidad productiva

Parámetro	Valor	Unidad
Máxima capacidad de producción de TDI	2400	t TDI/mes
Generación específica de Cenizas con Paladio	0,0214	Kg /t TDI
Cantidad de Cenizas para procesar	52,3	Kg/mes
Generación específica de Paladio en cenizas	0,619	Kg Pd/ Kg Cenizas
Cantidad de Paladio para recuperar	32,44	Kg Pd /mes

Fuente: Elaboración personal elaborado a partir de los datos presentados en el Anexo 1, p. 79

A partir de los requerimientos de la reacción, los cuales han sido indicados previamente en la memoria descriptiva del proceso (p. 38) y luego de consultar tablas de resistencia química de materiales, se determinó que el o los reactores deben ser fabricados en vidrio templado. Para esto se establece contacto con un proveedor local que abastece normalmente equipos de vidrio a las industriales del polo químico, quien dispone de reactores de 25, 50 y 100lt.

Atendiendo a las limitaciones en la disponibilidad de reactores mayor volumen, se desarrolla en el laboratorio de PR3 un ensayo para determinar con mayor grado de certidumbre el volumen específico necesario para procesar 100gr de cenizas

y definir además los tiempos estándares de cada ciclo productivo. Con esta información integrada a un esquema productivo y asumiendo una capacidad de cada reactor de 100litros, es posible determinar la cantidad de reactores necesarios. Los resultados de la experiencia se detallan en las tablas *Tabla 2* y *Tabla 3*.

Tabla 2

Resultados del laboratorio para determinar volumen de reactores.

Digestión	Valor	Unidad
Cenizas	100	gr
Cenizas vol. aprox	0,9	lt
Ácido Clorhídrico (HCl 33,5%p)	0,5	lt
Ácido Nítrico (HNO ₃ 65%p)	0,05	lt
Volumen total	1,45	lt
Neutralización		
Hidróxido de Sodio (OHNa 32%p)	0,6	lt
Lavado		
Agua	1,25	lt
Volumen específico Total cada 100gr cenizas	3,3	lt
Rendimiento en recuperación de Paladio	99	%

Fuente: Elaboración personal elaborado a partir de los datos presentados en informe de laboratorio – Lab. 3192

Tabla 3*Tiempo requerido por cada lote producido o batch*

Etapa	tiempo	Observaciones
Digestión	25 hs	Incluye la carga del reactor, calentamiento y reacción
Enfriamiento	2 hs	
Filtración de insolubles	2 hs	
Precipitación Fe	2 hs	
Filtración Fe	8 hs	
Precipitación Pd	2 hs	
Filtración Pd	8 hs	
Solubilización Pd	2 hs	
Análisis y carga de bidones	2 hs	
Imprevistos	2 hs	
Tiempo total	55 hs	

Fuente: Elaboración personal elaborado a partir de los datos presentados en informe de laboratorio – Lab. 3192

A partir de las tablas 2 y 3, se obtiene las siguientes premisas de diseño:

- Volumen específico “Tabla 2” → 2,6lts/100gr cenizas
- Tiempo requerido por cada proceso batch “Tabla 3” → 55hs
- Cantidad de ceniza a procesar “Tabla 1” → 52,3kg cenizas / mes
- Volumen de cada reactor → 100lt
- Cantidad máxima de cenizas a procesar por cada reactor → 3,03 kg / batch

En base a lo anterior se determina:

- Es necesario realizar un mínimo de 17 batch/mes para satisfacer la demanda proyectada.
- Bajo la premisa de procesar mínimo 17batch/mes, con un tiempo de procesamiento de cada uno de 55hs, se confecciona un diagrama asumiendo la disponibilidad de 3 reactores, que podrán procesar el producto de manera simultánea. En el

Anexo 2 (p.80) se muestra un programa de producción semanal tentativo, bajo el cual sería posible contar con una capacidad productiva de 6batch/semana o 24batch/mes. Si bien, con 3 tres reactores el sobre dimensionamiento de la instalación es del 41%, este valor es aceptable ya que se desconoce el factor de servicio que presentara la nueva instalación y además permite disponer de una flexibilidad operativa para realizar mantenimiento preventivo de las instalaciones o afrontar demandas extraordinarias.

Ingeniería básica

Reactores y equipos de filtración

La Figura 9 permite visualizar la ingeniería básica de uno de los tres reactores que conformará la unidad de proceso. Los reactores cuentan con un sistema de agitación a paleta, cuyo agitador se encuentra revestido en teflón y ajuste de velocidad de rotación. A demás disponen de un sistema de calefacción eléctrico con control de temperatura.

Los compuestos gaseosos que son generados durante el proceso de gestión acida (cloro, cloruro de hidrogeno y óxidos nitrosos) son neutralizados en una columna de adsorción o scrubber (A-221) el cual emplea una recirculación permanente de soda cáustica al 32%p.

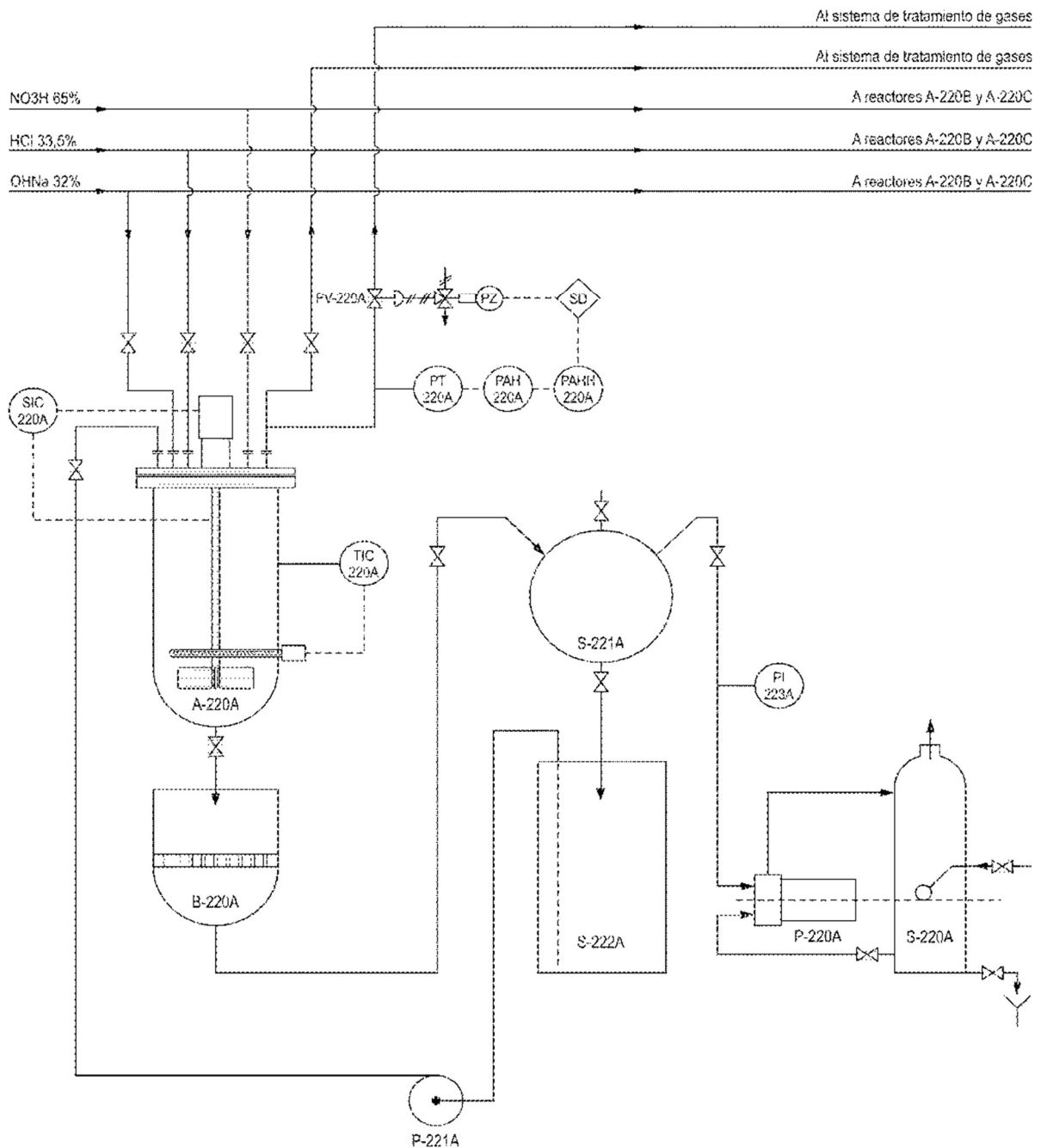
Además, cada reactor debe estar provisto de un sistema de seguridad por sobrepresión, con medición de presión (PT-220) y válvula de alivio (PV-220), la cual deriva los gases al sistema de neutralización por una línea exclusiva y de mayor diámetro a la de uso continuo.

Luego de cada etapa (digestión, precipitación, etc.), el contenido del reactor se hace pasar por un filtro de celulosa (B-220) que opera bajo vacío. Para ello se genera

succión en forma continua a través de un balón (S-221), el cual está vinculado en otro extremo a una bomba de vacío de anillo líquido (P-220). El líquido de la filtración se recoge en el recipiente S-222, mientras que a los sólidos retenidos en los filtros se le da el tratamiento que corresponda.

Figura 9

Diagrama del equipo de digestión y filtración

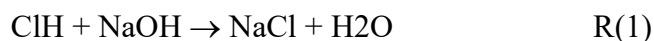


Fuente: Elaboración propia

Sistema de tratamiento de efluentes gaseosos

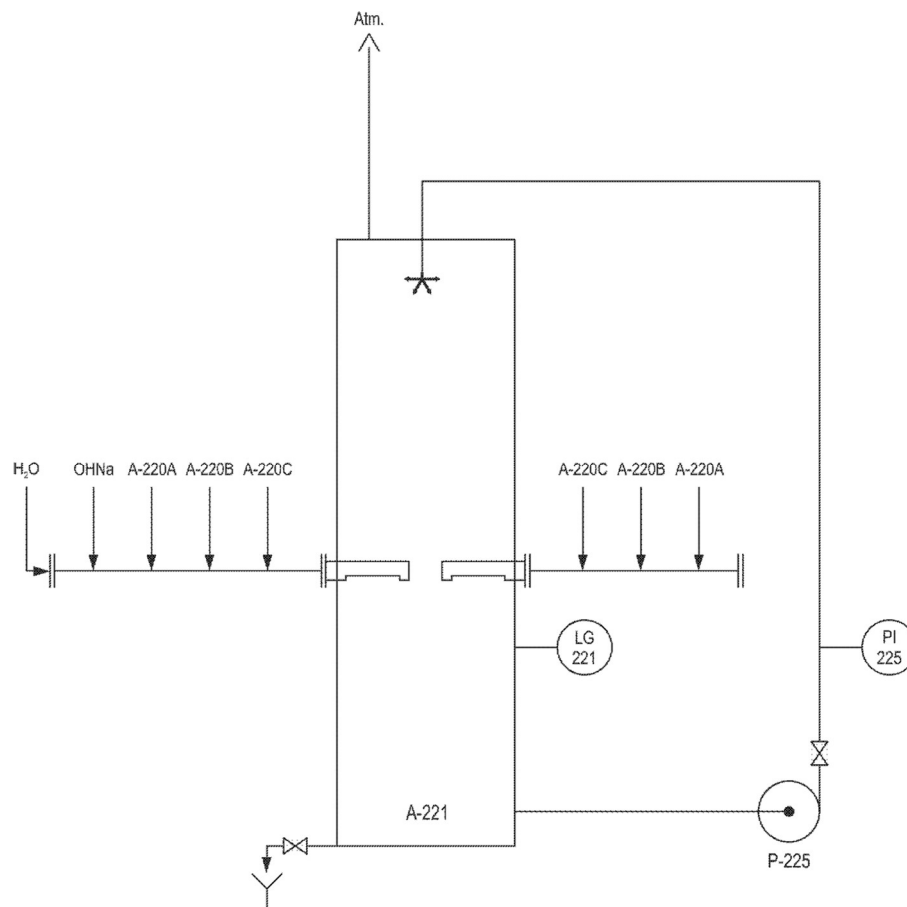
La Figura 10 muestra el diseño del sistema de tratamiento de gases que se liberan de la etapa de digestión. El sistema está compuesto por un scrubber donde se realiza la neutralización de los gases ácidos y una bomba del tipo arrastre magnético (P-225) que toma la solución neutralizante del fondo del recipiente y la recircula previa pulverización mediante una boquilla de tipo cono lleno, la cual se ubica en el tope de la columna. Este sistema opera con soda cáustica al 32%p. La reacción de neutralización no genera como resultado una solución salada de cloruro de sodio y liberación de vapor de agua resultante del incremento de temperatura por tratarse de reacciones exotérmicas.

Reacciones que se llevan a cabo en el scrubber:



El sistema debe contar con una capacidad para almacenar 140 litros de una solución de NaOH y una recirculación permanente de 3m³/h. Esta recirculación permite neutralizar los gases emitidos por 3 (tres) digestiones simultáneas. La soda agotada, la cual, se convierte en una solución salina de cloruro de sodio e hipoclorito de sodio se drena a una fosa (V-229) para ser tratada finalmente en la planta de tratamiento de efluentes líquidos del complejo.

Figura 10
Sistema de tratamiento de gases residuales



Fuente: Elaboración propia

Sistema de tratamiento de efluentes líquidos

Los efluentes líquidos generados en este sector serán conducidos a una fosa (V-229) colindante al edificio de aproximadamente 8 m³, la cual contará con facilidades para ser vaciada por medio de un camión atmosférico y dispuesto en la pileta de la planta de tratamiento de efluentes del complejo para su posterior tratamiento final. La cantidad de efluente líquido a tratar es de 5m³ semanales aproximadamente, con características fisicoquímicas de acuerdo con lo indicado en la tabla 4.

Tabla 4
Caracterización del efluente líquido

Parámetro	Resultado
Aspecto	líquido límpido - incoloro
pH	7,1
Conductividad, $\mu\text{S}/\text{cm}$	61800
Cloruros, [NaCl], g/L	40

Fuente: Elaboración personal elaborado a partir de los datos presentados en informe de laboratorio – Lab. 3192

Laboratorio

La planta contará con su propio Laboratorio de análisis fisicoquímicos, con la posibilidad de analizar:

- Contenido de MTD, agua y Pd en barro de CAH.
- Contenido de Fe, Pd, volátiles e insolubles en cenizas.
- Contenido de Pd en solución de cloruro férrico.
- Concentración de la solución de cloruro de Pd.
- Concentración de la solución de cloruro férrico.

Para ello debe contar con el siguiente equipamiento:

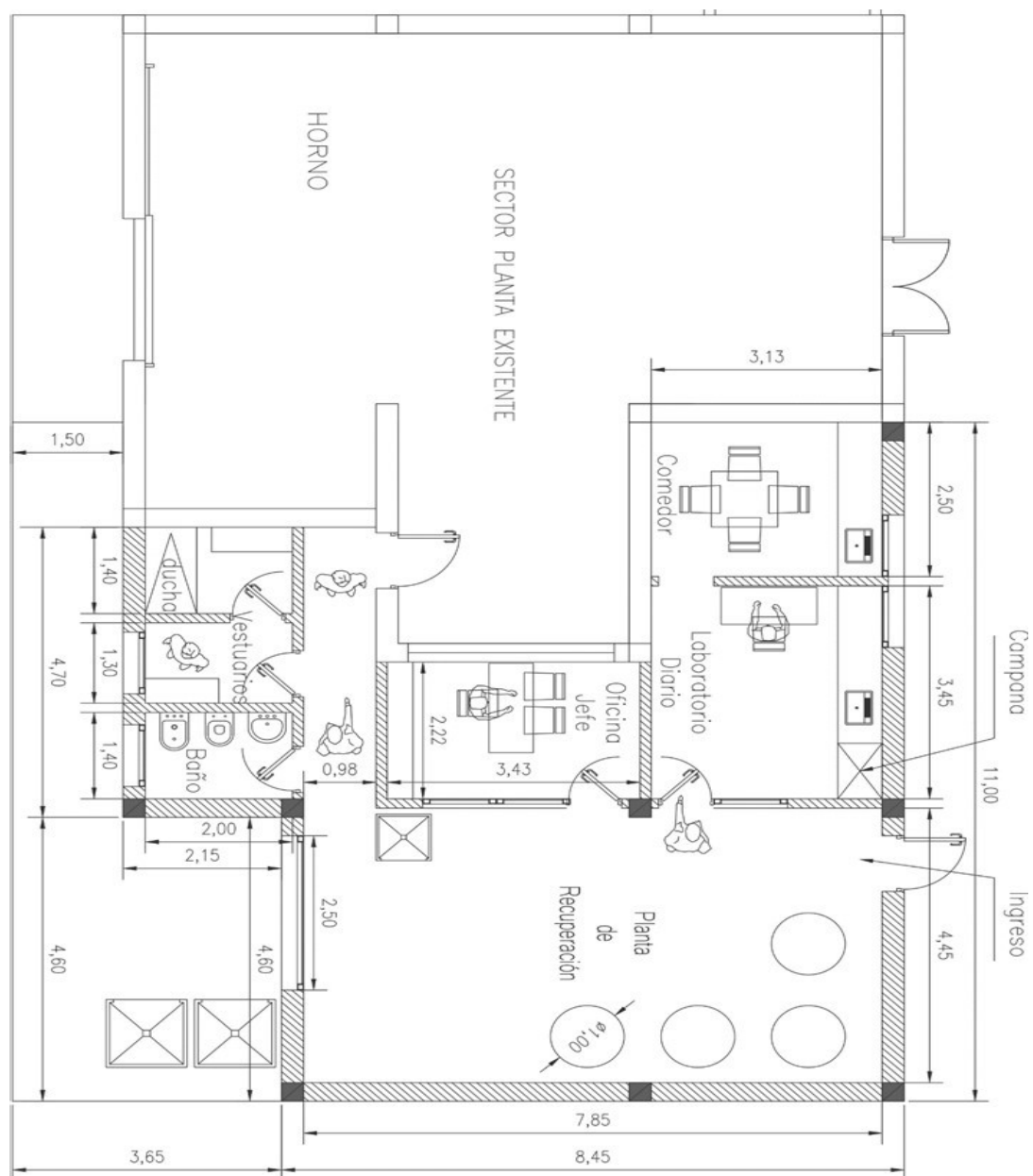
- pH metro de mesa.
- pH metro portátil.
- Balanza analítica de alta precisión.
- Mufla.
- Campana extractora.
- Espectrofotómetro Hatch.
- Material de vidrio de laboratorio (tubos de ensayo, Erlenmeyer, columna de enfriamiento, balón)

Obra Civil

La obra civil comprende un nuevo edificio de 90 m² aproximadamente, en el cual se incluye un laboratorio, duchas, baño, comedor y el sector de operación. Este nuevo edificio además debe tener vinculación directa con el actual edificio del Horno de Pirolisis. La *Figura 11* muestra la planimetría del edificio propuesto.

Figura 11

Plano obra civil propuesta para el nuevo proceso de recuperación de paladio.



Fuente: Elaboración propia

Identificación de riesgos e impacto ambiental

Antes de iniciar la evaluación de los riesgos e impacto ambiental del proyecto, es necesario introducir el concepto de *Responsabilidad Social Empresarial* (RSE). Esta acepción constituye una nueva visión de los negocios que convalida armónicamente el respeto por los valores éticos, las personas, la comunidad y el medio ambiente. Es por esto que las empresas deben analizar sus proyectos en sus tres dimensiones: económico, ambiental y social. Nassir Chain (2011, p. 335). Lo ambiental y social son evaluados a continuación mientras que el aspecto económico se desarrolla en la sección de “Evaluación Económica”. pag. 54.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un procedimiento que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto o actividad puede causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo. En Argentina, la EIA es regulado por la Ley General del Ambiente (Ley n.º 25675). Tomando como base dicha ley y lo señalado por las normas ISO-14001. Petroquímica Rio Tercero dispone de un procedimiento interno (P-76-601, 2023) en el cual, se proporcionan los lineamientos y estructuras a seguir para realizar la EIA. De acuerdo con el mismo, la valoración actual o potencial de un aspecto ambiental comprende dos etapas:

1. Identificar los aspectos e impactos ambientales.
2. Evaluación y valoración de la significancia de los aspectos ambientales.

En el anexo 5 se presenta la matriz obtenida a partir de los análisis realizados sobre el horno de pirolisis y la nueva unidad productiva de recupero de paladio.

Evaluación de Riesgo Operaciones (ERO)

La Evaluación de Impacto Riesgo Operacional (ERO) es un procedimiento que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales riesgos y/o peligros que una actividad puede causar a las personas en un corto, mediano y largo plazo. Es una metodología sistémica que permite identificar peligros y evaluar los riesgos resultantes que tienen o puedan tener un impacto significativo en la seguridad y la salud de las personas. A partir de estos establecer los mecanismos o recursos necesarios para su eliminación o control.

La evaluación de riesgos es un proceso dinámico. Consecuentemente, se revisa anualmente, o cuando se verifique cualquiera de las condiciones siguientes:

- Detección de daños a la salud de los trabajadores.
- Inadecuación o insuficiencia de las actividades de prevención.
- Cambios en las condiciones de trabajo.
- Introducción de nuevas tecnologías, equipos y/o sustancias químicas.
- Incorporación de un trabajador cuyas características personales o estado biológico conocido lo hagan especialmente sensible a las condiciones del puesto.

La metodología de identificación de peligros y valorización de riesgos adoptada permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y jerarquizar racionalmente sus prioridades de corrección. A partir de la detección de las deficiencias existentes en los lugares de trabajo, se estima la probabilidad de ocurrencia de un incidente y, teniendo en cuenta la magnitud esperada de sus consecuencias, se evalúa el riesgo asociado a cada una de dichas deficiencias.

La metodología adoptada no emplea valores reales absolutos de riesgo, probabilidad y consecuencia, sino “niveles” asociados a los mismos a través de escalas de cuatro posibilidades.

Conforme a esta metodología, el nivel de probabilidad (NP) es función del nivel de deficiencia (ND) y de la frecuencia o nivel de exposición (NE). A su vez, el nivel de riesgo (NR) es función del nivel de probabilidad (NP) y del nivel de severidad (NS), y puede expresarse como:

$$NR = NP * NS$$

En función del riesgo calculado precedentemente se priorizan las intervenciones orientadas a la eliminación o mitigación de las consecuencias de las deficiencias identificadas.

Se observa el siguiente procedimiento de actuación:

- Relevamiento y clasificación de los peligros y sus respectivos orígenes en los lugares de trabajo.
- Estimación del nivel de exposición.
- Estimación del nivel de deficiencia.
- Estimación del nivel de probabilidad a partir del nivel de exposición y del nivel de deficiencia.
- Estimación del nivel de severidad.
- Estimación del nivel de riesgo a partir del nivel de probabilidad y de severidad, y del nivel de intervención en función del nivel de riesgo obtenido.
- Contraste de los resultados obtenidos con los estimados a partir de fuentes de información precisa y de la experiencia.

Los resultados de esta secuencia de actuación se detallan en el Anexo 6 “Matriz de evaluación y control de riesgos operacionales”

Evaluación de Riesgo de Proceso (ERP)

En el contexto internacional, los estándares para manipuleo de sustancias peligrosas establecidas en EE.UU. por la Agencia de Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) requieren de la implementación de elementos de gerenciamiento de seguridad de procesos en casi todas las instalaciones de empresas de petróleo o química. Estos análisis de peligro de proceso son requeridos para reducir la probabilidad y/o las consecuencias de un gran incidente que tendría un impacto perjudicial a los empleados, propiedades locales o fuera de las instalaciones de la planta, el medio ambiente, y los más importante para la propia empresa, su operación y la continuidad del negocio.

Petroquímica Rio Tercero dispone de un procedimiento interno (P-76-964, 2020) en el cual, se proporcionan los lineamientos y estructuras a seguir para realizar la evaluación de riesgo de procesos (ERP). Para el presente estudio, se realizó un análisis de peligro de proceso del tipo HAZOP (HAZard and OPerability Study), esta es una técnica estructurada y sistemática de análisis de riesgos que permite identificar peligros potenciales y problemas operacionales en los procesos, para el caso de análisis se simplicidad se adopta utilizar la opción de análisis descriptiva/cualitativa que se habilitada por el (P-76-964, 2020).

Los resultados de esta secuencia de actuación se detallan en el Anexo 7 “Matriz análisis de riesgos de procesos”

Evaluación económica

El estudio o análisis económicos dentro de la metodología de evaluación de proyectos, consiste en expresar en términos monetarios todas las determinaciones hechas en el estudio técnico. Las decisiones que se hayan tomado en el estudio técnico en términos de cantidad de materia prima necesaria y cantidad de desechos del proceso, cantidad de mano de obra directa e indirecta, cantidad de personal administrativo, número y capacidad de equipo y maquinaria necesarios para el proceso. (Baca Urbina, 2013, p.170).

En esta sección, se realizará un análisis económico para constatar la viabilidad financiera del proyecto. Para ello, se consideran dos variables esenciales para su estudio que son, el VAN, procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión y que debe arrojar un resultado positivo, y la TIR, media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, la cual debe ser mayor al costo de oportunidad o tasa de descuento. Seguidamente, se presentan los flujos financieros del proyecto de inversión y los cálculos de rentabilidad. Adicionalmente se realiza un estudio de sensibilidad del proyecto en base a variables definidas como las de mayor impacto sobre el flujo de caja.

Presupuesto e Inversión inicial

Para calcular la inversión inicial se consideran todos los *activos fijos o tangibles*, es decir que se pueden tocar, este es el caso por ejemplo de equipos, mobiliarios, edificios, herramientas y otros. A demás se consideran los *activos diferidos o intangibles*, dentro de esta clasificación se incluyen, estudios de ingeniería, patentes, asistencia técnica, gastos preoperativos, capacitación del personal, estudios de evaluaciones como por ejemplo impacto ambiental o social, entre otros. En la Tabla 5 se presenta el detalle de la inicial prevista.

Tabla 5*Detalle Inversión inicial*

INVERSIÓN		
ACTIVOS TANGIBLES		
Obra civil	U\$S	150.000
Estructuras metálicas	U\$S	45.000
Equipos de planta	U\$S	180.000
Piping (cañerías, válvulas, bridas, etc)	U\$S	39.000
Instrumentos	U\$S	26.000
Electricidad	U\$S	11.000
Equipamiento de Laboratorio	U\$S	29.000
Cámaras de seguridad	U\$S	2.400
ACTIVOS INTANGIBLES		
Estudios de Ingeniería (detalle, civil y mecánica)	U\$S	12.000
Asistencia técnica puesta en marcha	U\$S	3.500
Mano de obra montaje	U\$S	45.000
Capacitación del personal	U\$S	4.000
SUB TOTAL	U\$S	546.900
Imprevistos (10%)	U\$S	54.690
TOTAL, INVERSIÓN	U\$S	601.590

Fuente: Elaboración personal

Análisis de ingresos y egresos

Los ingresos de este proyecto están determinados por la diferencia entre los costos actuales y los futuros. Debe entenderse como costos actuales, todos aquellos costos asociados al procesamiento del paladio en un proveedor externo, cuyo rendimiento de recuperación se encuentra en el orden del 93,0%, que en términos de pérdida significa una reposición promedio de paladio de 2,03kg/mes (columna 9 y 10 de la tabla Anexo 1, p.79). En cuanto a los costos futuros, se consideran los costos operativos, insumos, personal y el beneficio obtenido por un proceso más eficiente en términos de recuperación,

de acuerdo con el ensayo realizados en el laboratorio (Lab 3192, 2022) el proyecto tecnológico propuesto permite obtener un rendimiento en la recuperación de paladio del orden de los 98,5%, pero a los fines de adoptar una postura más conservadora se utiliza para el análisis un valor de 97%. Por otro lado, como base de cálculo para comparar ambas alternativas, se utiliza una demanda de ceniza procesada de 52,3kg/mes equivalente a 32,4kg Pd/mes (Tabla 1, p. 40).

Ya que el principal ingreso esta dado por utilizar un proceso de recuperación más eficiente, es importante determinar un valor de reposición de paladio adecuado. Para esto se analiza la evolución histórica del precio del paladio en los últimos 5 años

Gráfico 7, se observa que tras haber alcanzado un valor de 130.000U\$ en abr-21, a partir de esa fecha la tendencia ha sido a la baja. Observando el periodo de abr-22 a ene-23 se puede considerar un valor conservador de 70.000 U\$ el cual es relativamente conservador para el análisis del proyecto.

Gráfico 7

Registro histórico precio del paladio



Fuente: Elaboración personal – Extraído de <https://www.kitco.com/>

Nota: los valores graficados están afectados por un factor adicional del 30% adicional correspondiente a las tasas y gastos que se deben pagar por la nacionalización del producto

Tabla 6

Detalle costos recupero proveedor externo

COSTOS RECUPERACIÓN ACTUAL - PROVEEDOR EXTERNO		
Detalle	Valor	Unidad
Transporte Planta - Proveedor	15	U\$/kg Pd
Refinado y purificación del paladio	670	U\$/kg Pd
Preparación de Solución	114	U\$/kg Pd
Transporte Proveedor - Planta	15	U\$/kg Pd
Costo Unitario procesamiento externo	814	U\$/kg Pd

Detalle	Valor	Unidad
Cantidad de ceniza a procesar	52,3	kg / mes
Cantidad Paladio para recuperar	32,4	kg / mes
Rendimiento recupero proveedor ext.	93,0	%
Pérdida de paladio por rendimiento	2,3	kg / mes
Costos de procesamiento proveedor externo	24.500	U\$/ mes
Precio del paladio (nacionalizado)	70.000	U\$/ kg
Costo de reposición por pérdida de paladio (rendimiento)	158.684	U\$/ mes
Costo total procesamiento externo	183.184	U\$/ mes

Fuente: Elaboración personal

Tabla 7
Detalle costos recupero interno PR3

COSTO DE RECUPERACIÓN FUTURO - PROCESO INTERNO		
Detalle	Valor	Unidad
Cantidad de ceniza a procesar	52,3	kg / mes
Cantidad Paladio para recuperar	32,4	kg / mes
Rendimiento recupero proceso interno	98,5	%
Cantidad de paladio a reponer por rendimiento	0,5	kg / mes
Consumos específicos de insumos		
Ácido Clorhídrico (HCl 33,5%p)	15	lt / kg de cenizas
Ácido Nítrico (NO ₃ H 65%p)	2	lt / kg de cenizas
Hidróxido de sodio (OHNa 32%p)	6	lt / kg de cenizas
Energía Eléctrica	13	kW/kg de ceniza
Precio del paladio (nacionalizado)	70.000	U\$S / kg
Precio unitario de insumos		
Ácido Clorhídrico (HCl 33,5%)	0,432	U\$S/lt
Ácido Nítrico (NO ₃ H 65%)	0,813	U\$S/lt
Hidróxido de sodio (OHNa 32% (proceso))	0,580	U\$S/lt
Energía Eléctrica	0,0628	U\$S/kW
Costos Variables		
Ácido Clorhídrico (HCl 33,5%p)	339	U\$S/mes
Ácido Nítrico (NO ₃ H 65%p)	64	U\$S/mes
Hidróxido de sodio (OHNa 32%p)	182	U\$S/mes
Energía Eléctrica	42	U\$S/mes
Costo reposición perdida paladio	33.992	U\$S / mes
Total, Costos Variables	34.619	U\$S/mes
Costos fijos		
Mano de Obra Directa (1 supervisor + 6 operadores)	21.918	U\$S/mes
Mano Obra Indirecta	3.836	U\$S/mes
Materiales Indirectos (Ej. Elementos seguridad)	4.110	U\$S/mes
Mantenimiento (5% de la inversión – Valor anual)	2.507	
Total, Costos fijos	32.370	U\$S/mes
Costo total Procesamiento Interno (C. Fijo + C. Variables)	69.989	U\$S / mes

Fuente: Elaboración personal

Fujo de Caja

La proyección de los flujos de caja constituye uno de los elementos más importantes para la evaluación de los proyectos, a partir de este, es posible evaluar la eficiencia y el rendimiento de la inversión realizada por la empresa, identificar posibles riesgos financieros relacionados al largo plazo, proporcionar información relevante para la planificación estratégica y la toma de decisiones sobre proyectos en base a su capacidad para generar rendimientos sostenibles en el futuro. (Chain, 2011, p. 291)

Para elaborar el flujo de caja del proyecto (Tabla 8) se adoptan las siguientes consideraciones:

- a. La amortización o depreciación de las inversiones tangibles se realiza a 10 años para equipos y 20 años para obra civil.
- b. Para calcular el flujo de caja al valor actual, se utiliza una tasa de interés del 12% en dolares de acuerdo a lo establecido por el área de finanzas de PR3 para proyectos evaluados en esta moneda.

Tabla 8

Flujo de Caja del proyecto

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Período	0	1	2	3	4	5
Ingresos (recup. externo – recup. interno)		986.434	986.434	986.434	986.434	986.434
Amortizaciones		-40.740	-40.740	-40.740	-40.740	-40.740
Utilidad antes de impuestos		945.694	945.694	945.694	945.694	945.694
IIGG (35%)		-330.993	-330.993	-330.993	-330.993	-330.993
Utilidad Neta		614.701	614.701	614.701	614.701	614.701
Amortizaciones		40.740	40.740	40.740	40.740	40.740
Inversión inicial	-601.590					
Valor de desecho						
Fujo de caja	-601.590	655.441	655.441	655.441	655.441	655.441
Fujo de caja a valor actual		585.216	522.514	466.53	416.54	371.915

Año	2029	2030	2031	2032	2033
Período	6	7	8	9	10
Ingresos (recup. externo - recup. Interno)	986.434	986.434	986.434	986.434	986.434
Amortizaciones	-40.740	-40.740	-40.740	-40.740	-40.740
Utilidad antes de impuestos	945.694	945.694	945.694	945.694	945.694
IIGG (35%)	-330.993	-330.993	-330.993	-330.993	-330.993
Utilidad Neta	614.701	614.701	614.701	614.701	614.701
Amortizaciones	40.740	40.740	40.740	40.740	40.740
Inversión inicial					
Valor de desecho					75.000
Fujo de caja	655.441	655.441	655.441	655.441	655.441
Flujo de caja a valor actual	332.067	296.488	264.722	236.359	235.183

Fuente: Elaboración personal

Indicadores de rentabilidad.

Como se indicó en el marco teórico (p. 29) y siguiendo a los autores de referencia Baca Urbina (2013) y Chain (2011). En la tabla 9 se presentan los resultados del análisis del VAN, TIR, Payback y VAN/Inversión.

Tabla 9

Resultados indicadores de rentabilidad económica

Bases económicas	
Tasa interés (dólar)	12% anual
Tiempo evaluación	10 años
Inversión	601.590 U\$S
Rendimiento recupero de Pd nuevo proceso.	97%

INDICADORES	
Payback	1 años
TIR	109%
VAN	3.125.948 U\$S
VAN/Inversión	5,2

Fuente: Elaboración personal

Análisis de los resultados obtenidos

- **VAN (Valor Actual Neto):** se calcula a partir de la suma de los beneficios netos anuales corregidos mediante la tasa de retorno, menos la inversión inicial. Esto equivale a comparar todas las ganancias, en términos de valor equivalente al momento cero, frente a los desembolsos necesarios para ejecutar el proyecto.

Como el VAN es POSITIVO (3.125.948 U\$\$), esto indicaría que el proyecto es “FAVORABLE”.

- **Payback:** este valor se determina a partir de igual a cero la suma de los beneficios anuales corregidos y la inversión.

Para el proyecto propuesto el Payback es de 1 año, el cual es considerado como un excelente valor dentro de la cartera de proyectos que maneja la compañía.

- **TIR (Tasa Interna de Retorno):** es el valor de la tasa de descuento o retorno que hace el valor actual neto igual a cero.

Como el valor obtenido 109%, resulta mayor que la tasa de retorno usada para el cálculo del VAN (12%), esto indica que el proyecto es “favorable”.

- **Relación VAN/inversión:** es un indicador que se utiliza para definir un orden de prioridad a los proyectos disponibles en la cartera de la Empresa. Una relación alta implica que, el proyecto presenta una ganancia elevada o que la inversión requerida es muy baja. Por ende, mientras más alta sea esta relación mayor será su probabilidad de ejecución frente a otros. Para el proyecto de referencia esta relación es de 5,2, siendo este valor uno los más altos de la cartera de proyectos actúa de compañía.

Análisis de sensibilidad

Caso 1: Inversión

En la *Tabla 10* se muestra la sensibilidad de los indicadores de desempeño del proyecto considerando un incremento en la inversión inicial de 10% y el 20%. Aun con estas variaciones los indicadores económicos continúan indicando que le proyecto es “FAVORABLE”.

Tabla 10

Análisis de sensibilidad con variaciones en la inversión

% Variación	Base = 0%	+10%	+ 20%
Inversión (U\$S)	601.590	661.749	721.908
Payback	1 año	1,1 año	1,3 año
TIR	109%	99%	90%
VAN	3.125.948 U\$S	3.054.742 U\$S	2.983.536 U\$S
VAN/Inversión	5,2	4,6	4,1

Fuente: Elaboración personal

Caso 2: porcentaje de recupero de paladio

En la *Tabla 11* muestra el resultado de los indicadores de desempeño considerando pequeñas variaciones en el rendimiento esperado en el proceso de refinado de paladio del nuevo proceso. Considerando una situación “*pesimista*” en la cual el rendimiento promedio sea de 93,9% en lugar de 97%, el proyecto presenta un VAN = 0 y un tiempo de repago de 10 años. A priori bajo este escenario, el proyecto podría dejar de ser atractivo y su ejecución pasaría a depender de una decisión condicionada por un aspecto estratégico y no económico. Por otro lado, si se logra reproducir el mismo rendimiento que el obtenido en los ensayos del laboratorio 98,5%, el VAN se incrementa en 1.490.000U\$S y el payback pasa de 1 año a 6 meses.

Tabla 11
Análisis de sensibilidad con variaciones en el (%) paladio recuperado

% Variación	-3%	-2%	-1%	Base = 0%	1,5%
% rendimiento recuperado de Paladio	93,9%	95%	96,0%	97%	98,5%
Payback	10 años	2,45 años	1,5 años	1 años	0,6 año
TIR	12%	49%	79%	109%	153%
VAN	0	1.128.477	2.127.721	3.125.948	4.624.052
VAN/Inversión		1,9	3,5	5,2	4,1

Fuente: Elaboración personal

Caso 3: Costo de reposición de paladio

En la *Tabla 12* se muestran los resultados de los indicadores de desempeño considerando variaciones en costo del paladio fresco que se debe comprar para reponer las mermas originadas en los procesos de refinado. Como se observa en la tabla mencionada a pesar de considerar un valor de reposición 30% por debajo del precio de referencia adoptado, los indicadores de desempeño continúan siendo favorables para el proyecto. A demás queda evidenciado que la influencia de esta variable es poco significativa.

Tabla 12
Análisis de sensibilidad con variaciones precio reposición de paladio

% Variación	-30%	-20%	Base = 0%
Precio Reposición de paladio (U\$S)	49.000	56.000	70.000
Payback	1,6 año	1,4 año	1 año
TIR	73%	85%	109%
VAN	1.926.763	2.326.491	3.125.948
VAN/Inversión	3,2	3,9	5,2

Fuente: Elaboración personal

Análisis de riesgo sobre la inversión “Árbol de Decisiones”

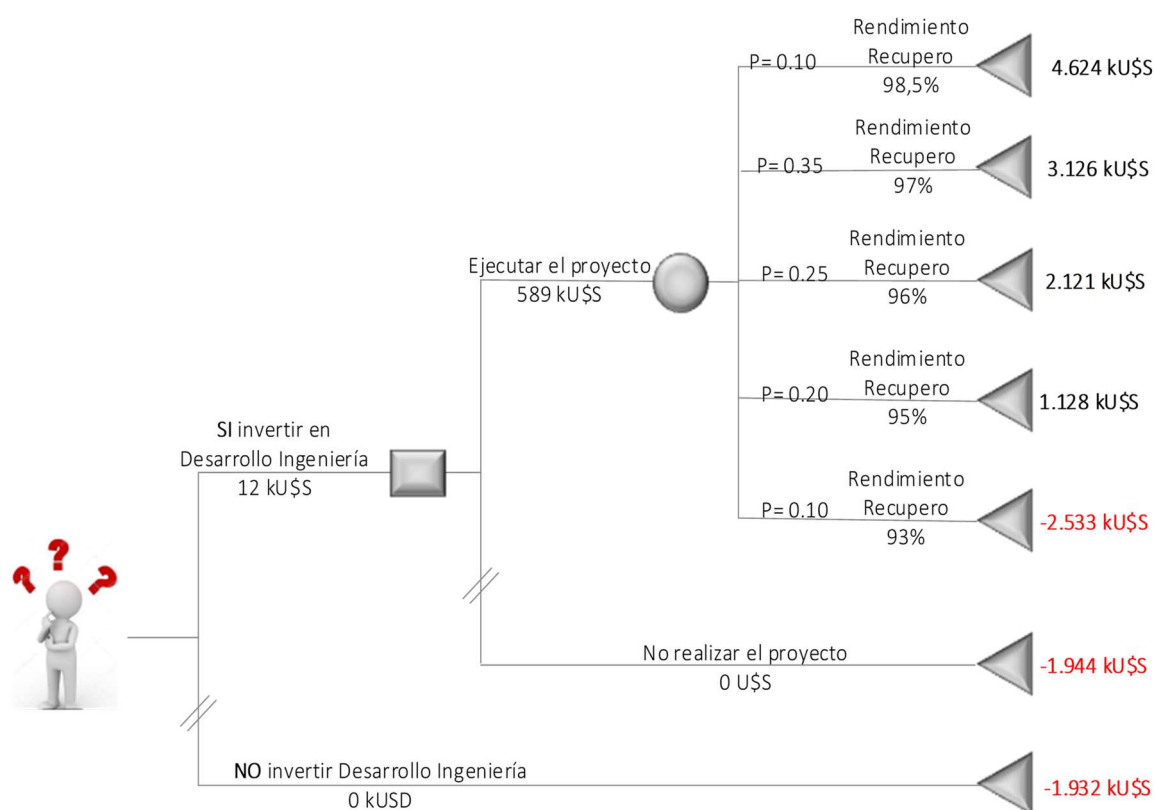
El árbol de decisión es una técnica gráfica que permite representar y analizar una serie de decisiones futuras de carácter secuencial a través del tiempo. Este método permite tomar decisiones combinando las probabilidades de ocurrencia de los resultados parciales y de esta manera se construye un camino a seguir, sobre el cual deben tomar decisiones estratégicas que lleven a un resultado calculado, el cual se calcula a partir del valor esperado de las distintas alternativas posibles y la probabilidad asignada a cada una (Chain & Sapang Chain, 2008, p. 384).

En la Figura 12 se presenta el árbol de decisiones para el proyecto propuesto. La primera decisión que debe tomar la empresa es si avanza con la contratación de los estudios de ingeniería básica y de detalle lo cual implica invertir 12kU\$S o decide no ejecutar el proyecto y continuar con un gasto anual de reposición de paladio 1.922kU\$S. Avanzando hacia la opción del desarrollo de la ingeniería, la empresa se encuentra con otra decisión sobre la cual deberá decidir si avanza o no en la ejecución de la obra. Para este punto y de acuerdo con una estimación de primer orden se considera que la inversión será de 589kU\$S. Para esta decisión primero se debe resolver un nodo de incertidumbre respecto al rendimiento en el recupero de paladio que se espera para el nuevo proceso. Si bien el ensayo realizado a escala laboratorio permitió desarrollar un recupero del 98,5% es probable que a escala industrial dicho valor pueda ser alcanzado con mucha dificultad. Para el análisis de este nodo se han considerado los flujos actualizados (VAN) en función de diferentes valores de rendimiento y a cada uno de ellos se le asigna una probabilidad. Como propone Chaing (2008, p. 385) la metodología que se aplica consiste en multiplicando el VAN de cada escenario por la probabilidad asignada a la variable, de esta manera se obtiene un “*valor esperado (VE_i)*”. Luego se suma cada VE_i y se obtiene el VE del proyecto Este procedimiento es el indicado en la tabla

Tabla 13, en la cual, se obtiene un $VE(VAN) = 2.059$ kU\$ lo que significa que el proyecto bajo las probabilidades asignadas para la variable de análisis continúa siendo “favorable”.

Figura 12

Análisis mediante árbol de decisiones.



Fuente: Elaboración personal

Tabla 13

Calculo Valor Esperado (VAN) método árbol de decisión

Rendimiento	Observación	Probabilidad	VAN (kU\$)	VE (VAN)
98,5%	Valor laboratorio	0,1	4.624	462
97,0%	Valor base utilizado en análisis flujo caja	0,35	3.126	1.094
96,0%		0,25	2.121	530
95,0%		0,2	1.128	226
93,0%	Valor obtenido por el proceso proveedor	0,1	-2533	-253
			VE (VAN) total	2.059 U\$

Fuente: Elaboración personal

Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), también conocido como análisis DAFO, es una herramienta de estudio de la situación de una empresa, institución, proyecto o persona, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Es una herramienta que permite conocer la situación real en que se encuentra un proyecto a tratar en un momento determinado, y en base a los resultados, planificar una estrategia de futuro. Se consideró utilizar esta matriz para el proyecto de investigación en curso, como herramienta de análisis situacional. El diagnóstico permitirá formular las estrategias más favorables a la hora de tomar las decisiones. Esto se muestra en la *Tabla 14*

Tabla 14

Análisis FODA del proyecto

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de mano de obra especializada para el desarrollo y operación. - Recursos humanos comprometidos y eficientes - Insumos de origen nacional. - Equipos nacionales en su gran mayoría. - La empresa cuenta con un área de ingeniería propia capaz de llevar adelante el desarrollo de la Ing. Básica, detalle y ejecución. - Laboratorio con equipamiento y personal técnico idóneo para el desarrollo de la técnica de refinación de paladio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de una tecnología de recupero propia. - Independizarse del proveedor actual. - Mejoras en los rendimientos del proceso de refinación. - Reducción del inventario del paladio que posee la compañía. Lo cual se traduce en menor capital inmovilizado. - Se reducen y/o eliminan las primas de seguro por transporte de metales preciosos. - Mejora del costo variable del TDI - Mayor competitividad de la empresa frente al producto importado.

DEBLIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> - La dependencia a un proveedor único limita la capacidad de la empresa para negociar precios y condiciones de pago favorables. - Ausencia de tecnólogos a quien comprarles una planta, bajo la metodología llave en mano. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poder de negociación de los trabajadores sindicalizados. - Inestabilidad política y económica. Lo cual limita los proyectos aprobados por la dirección, salvo aquellos con muy buena performance en los indicadores financieros. - Reacción del proveedor local al conocer que PR3 se encuentra desarrollando su tecnología propia para el proceso de refinado. - Riesgos propios asociados al manejo y puesta en marcha de un nuevo proceso productivo. - Inflación, lo que implica una permanente variación en los precios. - La dependencia aun proveedor único vuelve vulnerable a la empresa ante cualquier problema que pueda surgir con dicho proveedor, como retrasos en la entrega, problemas de calidad o incluso la quiebra de este.

Fuente: Elaboración personal

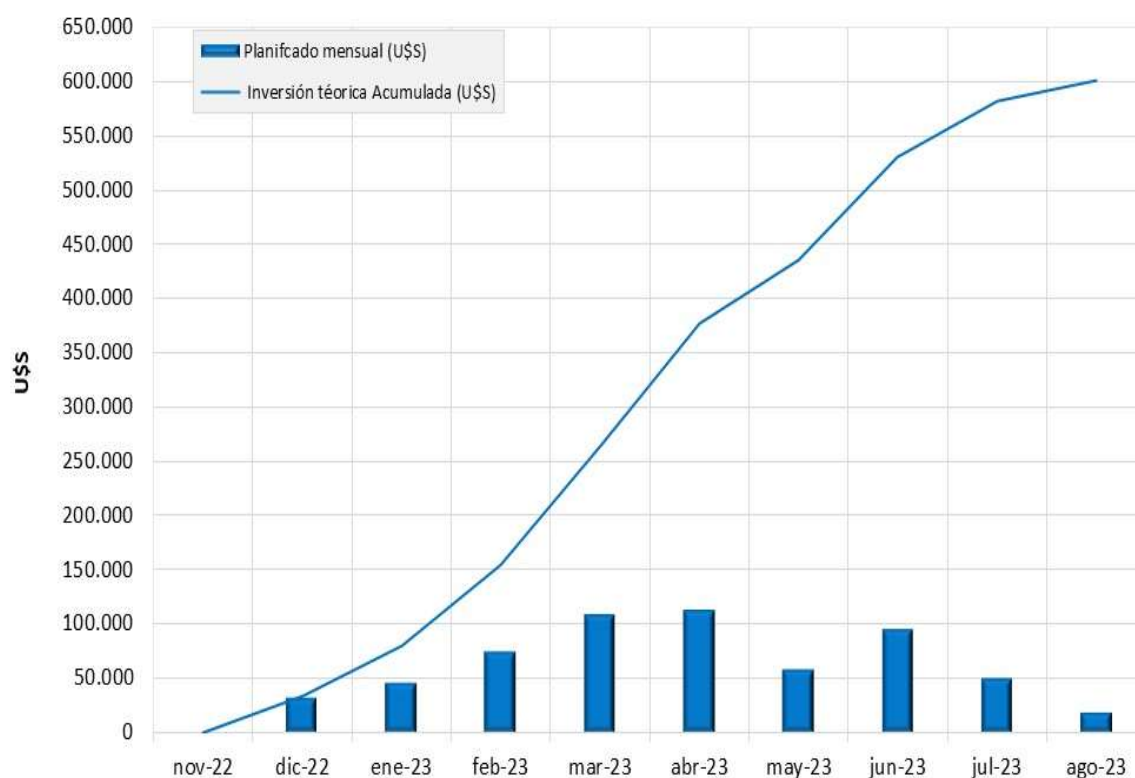
Planificación

Cronograma de inversiones

Como es sabido durante la ejecución de un proyecto por lo general las inversiones no dan en un solo mes o año, lo más probable es que la misma se desarrolle durante varios periodos para que los recursos no queden inmovilizados innecesariamente y el área de finanzas pueda planificar con antelación los flujos de fondo, se realiza un cronograma de Inversiones, en el cual se indica el gasto a erogar en el período que corresponde. En el gráfico 8 se presenta el cronograma de inversiones para el proyecto propuesto.

Gráfico 8

Cronograma de Flujo de Inversiones



Fuente: Elaboración personal

Cronograma de ejecución

En la Figura 13 se presenta el diagrama de Gantt del proyecto, sobre el cual se materializa la planificación de cada una de las etapas a ser desarrolladas para la ejecución del proyecto. En dicho diagrama además se indican los tiempos de cada actividad y la dependencia entre cada una de ellas. De esta manera si este cronograma se cumple como está previsto la puesta en marcha de la nueva instalación se dará a finales de agosto del 2023.

Figura 13

Diagrama de Gantt ejecución del proyecto



Fuente: Elaboración personal

Implementación del proyecto de intervención-innovación

Eficacia de la planificación y puesta en marcha de la instalación

- *Cronograma de ejecución:* según se encontraba previsto en el diagrama de Gantt (Figura 13) el proyecto dio inicio el 15 de octubre de 2023, si bien se presentaron

algunos contratiempos que dieron lugar a diferencias respecto a los tiempos originalmente propuestos, se logró cumplimentar con la fecha estipulada para la puesta en marcha, iniciando las actividades de la planta el 10 de agosto 2023. La Figura 14 muestra la sala de reactores previo a la puesta en marcha.

Figura 14

Vista panorámica Sala de Reactores

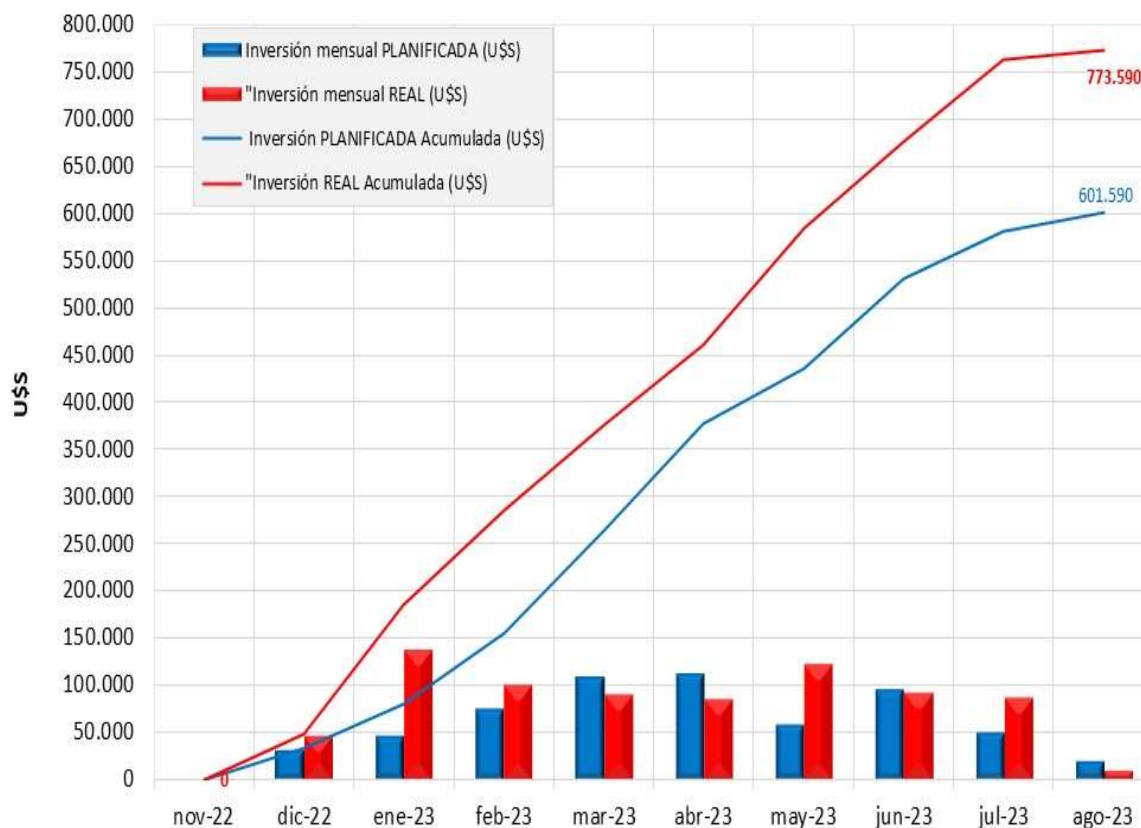


Fuente: Elaboración personal - fotografía tomada el 10-ago-2023

- *Plan de inversiones y cronograma de flujo de caja:* por cuestiones macroeconómicas, el proyecto incurrió en un desvío del 28,5% respecto a la inversión inicial prevista. Inversión planificada 601.590 U\$S – Real erogado 773.590 U\$S. Las principales diferencias se dieron en costos de equipos, obra civil e instrumentos, mano de obra montaje electromecánico.

Figura 15

Cronograma de Flujo de Inversiones Planificado vs Real



Fuente: Elaboración personal – Información erogación extraída de sistema administrativo Datasul.

Eficacia del proceso de purificación y refinado de paladio

- *Rendimiento obtenido en el recupero de paladio: la*
-
- Tabla 15 muestra los resultados los balances de producción, pérdida de paladio y rendimiento de recuperación. La columna 10 indica el rendimiento ponderado mensualmente obtenido en la nueva instalación de refinado. Como se puede ver este valor se encuentra por encima del teórico estimado para el análisis del proyecto, el cual era de 97% - Valor real obtenido en promedio 99%.

Tabla 15

Balances productivos post implementación proyecto de intervención.

Balance de paladio proceso producción de MTD-TDI							
Columna	1	2	3	4	5	6	7
Período	Producción TDI (t)	Pd Ingreso Proceso TDI (Kg)	Generación de Barros CAH kg	Cenizas de barros de CAH (Kg)	Cant. Pd en cenizas (Kg)	Pérdida Pd proceso productivo de TDI (PR3) (Kg) %	
ago-23	2057	28,5	10.114	44,5	27,8	-0,732	97,4%
sep-20	1954	26,8	9.273	40,8	25,5	-1,341	95,0%
oct-20	2112	30,6	10.750	47,3	29,5	-1,109	96,4%
nov-20	1785	28,2	9.932	43,7	27,3	-0,931	96,7%
Promedio	1977	28,5	10.017	44	27,5	-1,0	96,4%

Rendimiento NUEVO PROCESO RECUPERO-REFINADO DE PALADIO					
Columna	5	8	9	10	11
Período	Cant. Pd en cenizas (Kg)	Paladio recuperado (Kg)	Perdida Paladio (Kg)	Rendimiento recuperado %	Pérdida TOTAL, Paladio (C6 + C9) (Kg)
ago-23	27,8	27,47	-0,30	98,9%	-1,03
sep-20	25,5	25,13	-0,33	98,7%	-1,67
oct-20	29,5	29,30	-0,22	99,3%	-1,32
nov-20	27,3	26,98	-0,29	98,9%	-1,22
Promedio	27,5	27,22	-0,28	99,0%	-1,31

Fuente: Reporte sistema administrativo Datasul utilizado en PR3

Grado de cumplimiento y satisfacción de los indicadores económicos

La *Tabla 16* muestra una comparación entre los indicadores económicos del proyecto evaluados con la condición de inversión y rendimiento planificados vs la real. Como se aprecia el proyecto de intervención-innovación propuesto ha sido más favorable de lo esperado

Tabla 16*Indicadores de rentabilidad económica con resultados finales*

	INDICADORES	
	PLANIFICADO	REAL
Inversión	601.590 U\$S	773.590 U\$S
Rendimiento recupero de Pd nuevo proceso.	97%	99%
Payback	12 meses	9,5 meses
TIR	109%	130%
VAN	3.125.948 U\$S	4.919.864 U\$S
VAN/Inversión	5,2	6,4

Fuente: Elaboración personal

Evaluación de los indicadores de desempeño (KPI)

Para poder medir y gestionar el desempeño de la instalación y el proceso, se determinaron indicadores capaces de cumplir con las premisas que deben reunir este tipo de indicadores de acuerdo con lo recomendado por los autores de referencia Casteblanco, Hamon y Pinzon (2014); los indicadores deben ser “*específicos, medibles, alcanzables, realistas y en un tipo definido*”.

En relación con la mencionado se establecieron los siguientes indicadores:

- *% Recupero de Paladio*. Se calcula como la cantidad de paladio recuperado sobre la cantidad ingresada en un determinado período de tiempo (semana, mes, año). Este indicador permite medir la eficiencia del proceso.
- *Factor de Servicio*. Se calcula como la relación porcentual entre las horas en las cuales las instalaciones estuvieron operando respecto a las que deberían haber operado teóricamente en el período de tiempo evaluado. Este indicador incorpora las detenciones por fallas, demoras, mantenimiento y falta de disponibilidad de producto.

- *Disponibilidad*: Se calcula como la relación porcentual entre las horas en las cuales las instalaciones estuvieron disponibles para operar y el tiempo teórico que debería haber operado. La diferencia marca la cantidad de tiempo que la instalación no está disponible por problemas asociados a la instalación.

En el *Gráfico 9*, se presenta un tablero de comando, sobre el cual se manifiestan de manera grafica los indicadores seleccionados. Los resultados mostrados en el grafico corresponden al mes de nov-23 y el acumulado de los meses de sep-23, oct-23 y nov-23.

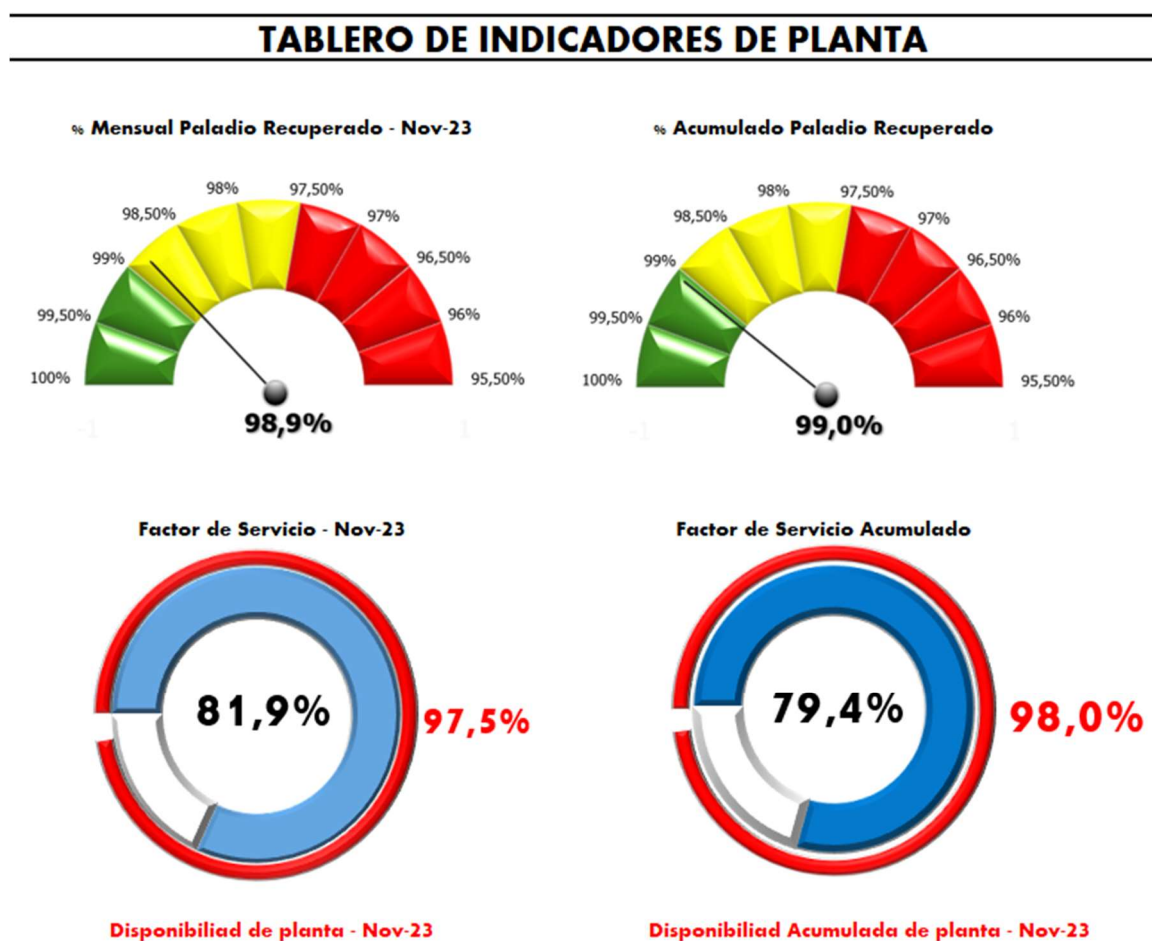
La lectura del tablero presentado indica:

- *% rendimiento del proceso de recupero y refinación de paladio*
 - Nov-23 → 98,9%
Este indicador muestra que de 27,3kg de Paladio presentes en 44,5kg de cenizas, se recuperaron 26,98kg de Paladio.
 - Acumulado- 2023 → 99%
- *Factor de servicio*
 - Nov-23 → 81,9%
Esto significa que de 720hs del mes de Nov, la instalación estuvo en operación solo 590hs ($\% = 590/720 * 100$)
 - Acumulado- 2023 → 79.4%
- *Disponibilidad*:
 - Nov-23 → 97,5%
Esto significa que de las 720hs el 97,5% la instalación estuvo disponible para operar y el 2,5% (18hs) estuvo detenida por algún problema (rotura de

equipo, falla, falta, demoras por causas externas entre otras). Debe entenderse además que la diferencia entre el factor de servicio y la disponibilidad brinda una idea del sobre dimensionamiento o capacidad remanente disponible de la instalación.

- Acumulado- 2023 → 98%

Gráfico 9
Tablero de Indicadores de Performance



Fuente: Elaboración personal

Conclusiones

Tras la implementación del proyecto de intervención-innovación propuesto y en base a los resultados obtenidos, es posible afirmar que la tecnología y las instalaciones seleccionadas permitieron alcanzar satisfactoriamente el objetivo general propuesto en igual medida que los específicos. De esta manera Petroquímica Rio Tercero (PR3) ha logrado posicionarse como la única empresa a nivel mundial con un proceso propio de recupero y refinado del catalizador a base de paladio utilizado para la elaboración de la metatoluendiamina (MTD).

Este proyecto ha sido uno de los más destacados dentro de la cartera de proyectos que maneja PR3, ya que es el único que ha demostrado indicadores económicos sobresalientes. Un valor actual neto (VAN) de 4.919.864 U\$, una tasa interna de retorno (TIR) del 130% y un período de recuperación (Payback) de 9,5 meses (ver tabla 16, p. 68). Por lo anterior y la importancia estratégica para la compañía la Gerencia y el directorio tras ser presentado lo aprobaron inmediatamente para su ejecución. Estos resultados son un claro indicador del potencial de este proyecto y su capacidad para generar beneficios a PR3.

Durante muchos años la dependencia de un proveedor único represento para PR3 una debilidad en términos de negociación y una amenaza de alto impacto atribuido a la incertidumbre en la continuidad dentro del mercado de dicho proveedor. La implementación de este proyecto, permite descomprimir preocupaciones y convertir debilidades/amenazas en oportunidades/fortalezas para PR3.

Por su parte, los indicadores de performance definidos y aprobados por la Gerencia demuestran el buen desempeño de la instalación en cuanto a confiabilidad, operatividad y rendimiento.

Bibliografía

- Alguacil, F. J. (2 de 11 de 1995). El refinado de los metales del grupo platino. *Revista de Metalurgia*, 31(4), 246 - 255. doi:10.3989/revmetalm.1995.v31.i4
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos* (Séptima ed.). México: Mc. Graw-Hill.
- Barone, D., Jiang, L., Amyot, D., & Mylopoulos, J. (2011). Composite Indicators for Business Intelligence. Conceptual Modeling – ER 2011. *30th International Conference of Conceptual Modeling - ER 2011.*, (págs. 448-458). Ottawa. doi:10.1007/978-3-642-24606-7_35
- Bernal, J. G., & Francisco, J. S. (2007). *20 Herramientas para la Toma de Decisiones* (Primera ed.). México: Wolters Kluwer.
- Casteblanco, I., Hamon, Z., & Pinzon, J. (sf de sf de 2014). *Indicadores de Gestión*. Recuperado el 10 de 10 de 2023, de Indicadores de Gestión: <http://ingryth.wixsite.com/indicadoresgestion/indicador-def>
- Chain, N. S., & Sapang Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (Quinta ed.). Colombia: McGraw-Hill.
- De Santiago, Rafael;. (2013). Herramientas para tomar mejores decisiones. (I. B. Navarra, Ed.) *Como funciona la mente del Directivo*(19), 15 - 22.
- Escorsa Castells, P., & Valls Pasola, J. (2003). *Tecnología e innovación en la Empresa* (Primera ed.). España: UPC Barcelona.
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico D.F.: McGraw W-Hill.

- Institute Project Management (PMBOK). (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos* (cuarta ed.). Pennsylvania: Global Standard.
- Jasra, R. V., Ghosh, P. K., Bajaj, H. C., & Boricha, B. A. (30 de 05 de 2003). *EEUU Patente n° US007473406B2*.
- Kotter, J. (1997). *El líder del Cambio* (Tercera ed.). México: Mc Graw Hill.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones* (Octava ed.). (L. M. Castillo, Ed.) Mexico: Pearson Educación.
- Lab 3192. (2022). *Lab 3192*. Experimental , Petroquimcia Rio Tercero, Laboratorio Fisicoquimico, Rio Tercero.
- Mintzberg, Porter, M., Lampel, J., Quinn, J., & Ghosal, S. (2002). *The Strategy Process: Concepts, Context, Cases* (Cuarta ed.). Pentice Hall.
- P-72-501. (2023). *Identificación de peligros y valoración del riesgo*. Petroquimcia Rio Tercero, Seguridad y Medio Ambiente. Rio Tercero: Sistema de Gestion Integrado.
- P-76-601. (2023). *Evaluación de aspectos e impactos ambientales*. Petroquimica Rio Tercero, Seguridad y Medio Ambiente. Rio Tercero: Sistema de Gestion Integrado PR3.
- P-76-964. (2020). *Guía de tecnicas para el estudio de riesgo de procesos*. Petroquimica Rio Tercero, Ingeniería. Rio Tercero: Sistema de Gestion Integrado PR3.
- Popova, V., & Sharpanskykh, A. (2011). Formal modelling of organisational goals based on performance indicators. *Data and Knowledge Engineering*, 70, 335-364. doi:10.1016/j.datak.2011.01.001

- Porter, M. E. (2008). *Estrategia Competitiva* (2008 ed.). (M. E. Sanchez, Trad.) Mexico: Patria. Obtenido de <https://1library.co/document/yr8r9doz-m-porter-estrategia-competitiva-pdf.html>
- Sarioglan, S. (10 de 2013). Recuperación de paladio a partir de catalizadores de paladio usados con carbón activado. (J. Matthey, Ed.) *Platinum Metals*, 57(4), 289 - 299. doi:<https://doi.org/10.1595/147106713X663988>
- Statista. (17 de 04 de 2023). *Statista*. (C. Baron, Productor) Recuperado el 01 de 10 de 2023, de Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/635674/paises-lideres-en-la-produccion-de-paladio-a-nivel-mundial/>
- Toluene Disocyanate: Industry Dynamics and Growth Drivers Until 2030. (26 de 04 de 2023). *Market Watch*. Obtenido de Market Watch: <http://www.markewatch.com>
- Valls, R. (2004). *Administración de Tecnología y Proyectos* (Primera ed.). Argentina: Universidad Nacional de Quilmes.

Anexos

Anexo 1

Producciones de TDI e inventarios de Paladio desde ene-2020 hasta dic-2022.

Colum.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Período	Producción TDI (t)	Pd Ingreso Proceso TDI (Kg)	Generación de Barros CAH kg	Cenizas de barros de CAH (Kg)	Cant. Pd en cenizas (Kg)	Pérdida Pd proceso productivo de TDI (PR3) (Kg) %		Pd recuperado por el Prov. Externo (Kg)	Pérdida Pd Prov. Externo (Kg)	Rendimiento Recupero Prov. externo %	Pérdida Pd TOTAL (Kg)
ene-20	1894	27,5	9.699	42,7	26,6	-0,832	97,0%	24,58	-2,05	92,3%	-2,88
feb-20	1802	26,1	9.228	40,6	25,4	-0,739	97,2%	23,59	-1,80	92,9%	-2,54
mar-20	2104	30,5	10.775	47,4	29,2	-1,350	95,6%	27,22	-1,94	93,3%	-3,29
abr-20	1870	27,1	9.577	42,1	26,8	-0,286	98,9%	24,89	-1,94	92,8%	-2,23
may-20	2150	32,3	11.390	50,1	31,2	-1,020	96,8%	29,06	-2,17	93,1%	-3,19
jun-20	1640	23,8	8.399	37,0	23,1	-0,721	97,0%	21,42	-1,64	92,9%	-2,36
jul-20	1980	28,7	10.140	44,6	27,2	-1,510	94,7%	25,18	-2,02	92,6%	-3,53
ago-20	1875	29,0	10.242	45,1	28,0	-0,979	96,6%	26,09	-1,93	93,1%	-2,91
sep-20	1772	26,7	9.430	41,5	25,9	-0,800	97,0%	24,19	-1,71	93,4%	-2,51
oct-20	2104	30,5	10.775	47,4	29,1	-1,450	95,2%	27,12	-1,94	93,3%	-3,39
nov-20	2180	31,6	11.164	49,1	30,2	-1,430	95,5%	28,04	-2,14	92,9%	-3,57
dic-20	2004	29,1	10.263	45,2	27,9	-1,140	96,1%	26,10	-1,82	93,5%	-2,96
ene-21	2145	31,1	10.984	48,3	30,0	-1,099	96,5%	27,95	-2,06	93,1%	-3,16
feb-21	1989	28,8	10.186	44,8	27,1	-1,740	94,0%	24,99	-2,11	92,2%	-3,85
mar-21	2121	30,7	10.860	47,8	29,7	-1,032	96,6%	27,63	-2,09	93,0%	-3,12
abr-21	1879	27,2	9.623	42,3	26,0	-1,204	95,6%	24,31	-1,73	93,4%	-2,93
may-21	2282	33,1	11.687	51,4	31,4	-1,683	94,9%	29,36	-2,05	93,5%	-3,73
jun-21	1879	27,2	9.624	42,3	26,0	-1,207	95,6%	24,31	-1,73	93,4%	-2,94
jul-21	1726	28,5	10.055	44,2	27,2	-1,309	95,4%	25,30	-1,86	93,1%	-3,17
ago-21	1847	26,8	9.458	41,6	26,2	-0,582	97,8%	24,40	-1,80	93,1%	-2,38
sep-21	2014	30,6	10.798	47,5	30,0	-0,609	98,0%	27,89	-2,08	93,1%	-2,69
oct-21	1875	27,2	9.602	42,2	26,2	-0,951	96,5%	24,35	-1,88	92,8%	-2,83
nov-21	1703	25,9	9.137	40,2	25,1	-0,784	97,0%	23,23	-1,86	92,6%	-2,64
dic-21	1987	28,8	10.176	44,8	27,4	-1,382	95,2%	25,71	-1,71	93,7%	-3,10
ene-22	1423	24,5	8.642	38,0	23,9	-0,597	97,6%	22,29	-1,58	93,4%	-2,18
feb-22	1825	26,5	9.348	41,1	25,2	-1,261	95,2%	23,42	-1,79	92,9%	-3,05
mar-22	1900	27,6	9.732	42,8	26,5	-1,083	96,1%	24,71	-1,77	93,3%	-2,85
abr-22	1836	28,6	10.087	44,4	27,7	-0,865	97,0%	25,68	-2,02	92,7%	-2,88
may-22	2198	29,8	10.517	46,3	28,2	-1,579	94,7%	26,19	-2,01	92,9%	-3,59
jun-22	1885	29,0	10.246	45,1	28,1	-0,947	96,7%	25,98	-2,08	92,6%	-3,03
jul-22	1997	29,5	10.419	45,8	28,9	-0,621	97,9%	26,89	-1,99	93,1%	-2,61
ago-22	2005	29,1	10.266	45,2	27,9	-1,181	95,9%	25,82	-2,06	92,6%	-3,24
sep-22	1730	25,1	8.858	39,0	24,5	-0,547	97,8%	22,74	-1,79	92,7%	-2,34
oct-22	2076	30,1	10.630	46,8	28,8	-1,279	95,8%	26,85	-1,97	93,2%	-3,25
nov-22	2135	31,0	10.933	48,1	30,0	-0,938	97,0%	27,86	-2,16	92,8%	-3,09
dic-22	2045	29,7	10.473	46,1	28,6	-1,099	96,3%	26,45	-2,10	92,6%	-3,20
promedios	1941	28,6	10.095	44,4	27,5	-1,051	96,4%	25,61	-1,93	93,0%	-2,98

Fuente: Reporte sistema administrativo Datasul utilizado en PR3


Anexo 2

Programa semanal de producción para 3 reactores de 100lts cada uno

		lunes																			martes																			miercoles																				
Etapa	tiempo, hs	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R1	Digestión	25	3 kg																																																									
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										
R2	Digestión	25	3 kg																																																									
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										
R3	Digestión	25	3 kg																																																									
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										
R1	Digestión	25																				3 kg																																						
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										
R2	Digestión	25																				3 kg																																						
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										
R3	Digestión	25																				3 kg																																						
	Enfriamiento	2																																																										
	Filtración de insolubles	2																																																										
	Precipitación Fe	2																																																										
	Filtración Fe	8																																																										
	Precipitación Pd	2																																																										
	Filtración Pd	5																																																										
	Solubilización Pd	2																																																										
	Análisis y caraga de bidones	2																																																										
	Imprevistos	5																																																										

Fuente: elaboración propia

Anexo 3
Especificación técnica sal cloruro de paladio EL-52-106

 PETROQUIMICA RIO TERCERO S.A.		Página / Page Código / Code Revisión / Revision		1 de 1 EL-52-106 14	
ESPECIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA ROW MATERIAL SPECIFICATION					
TÍTULO: CLORURO DE PALADIO – SAL DE ALTA PUREZA TITLE: PALADIO CHLORIDE - HIGH PURITY SALT					
PARÁMETROS <i>PARAMETERS</i>	LÍMITES <i>LIMITS</i>			MÉTODO DE ENSAYO <i>TEST METHOD</i>	
ASPECTO <i>Aspect</i>	Sólido cristalino, color marrón-rojizo. <i>Reddish brown, crystalline solid.</i>				
PUREZA <i>Assay</i>	[Pd]	%	min.	59.6	Cl-52-106.a ⁽¹⁾
IMPUREZAS ⁽²⁾ <i>Impurity</i>					
Rutenio / <i>Ruthenium</i>	[Ru]	µg/g	máx.	30	
Rodio / <i>Rhodium</i>	[Rh]	µg/g	máx.	30	
Iridio / <i>Iridium</i>	[Ir]	µg/g	máx.	30	
Hierro / <i>Iron</i>	[Fe]	µg/g	máx.	15	
Cobre / <i>Copper</i>	[Cu]	µg/g	máx.	15	
Plata / <i>Silver</i>	[Ag]	µg/g	máx.	30	
Oro / <i>Gold</i>	[Au]	µg/g	máx.	30	
Magnesio / <i>Magnesium</i>	[Mg]	µg/g	máx.	15	
Calcio / <i>Calcium</i>	[Ca]	µg/g	máx.	15	
Plomo / <i>Lead</i>	[Pb]	µg/g	máx.	15	
Silicio / <i>Silicon</i>	[Si]	µg/g	máx.	30	
Cromo / <i>Chromium</i>	[Cr]	µg/g	máx.	20	
Arsénico / <i>Arsenic</i>	[As]	µg/g	máx.	10	
Cinc / <i>Zinc</i>	[Zn]	µg/g	máx.	30	
Antimonio / <i>Antimony</i>	[Sb]	µg/g	máx.	30	
Platino / <i>Platinum</i>	[Pt]	µg/g	máx.	100	
Azufre / <i>Sulfur</i>	[S]	µg/g	máx.	20	
Fósforo / <i>Phosphorous</i>	[P]	µg/g	máx.	20	
Niquel / <i>Nickel</i>	[Ni]	µg/g	máx.	40	
Cadmio / <i>Cadmium</i>	[Cd]	µg/g	máx.	25	
Estaño / <i>Tin</i>	[Sn]	µg/g	máx.	30	


⁽¹⁾ Método de ensayo referido a ISO 11490:2015.
⁽¹⁾ Test method referred to ISO 11490:2015.

⁽²⁾ Absorción Atómica y/o Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) deberían considerarse como metodologías analíticas prioritarias para ensayo.
⁽²⁾ Atomic Absorption or Inductive Coupling Plasma (ICP), should be considered as priority analytical methodologies for testing.

Fuente: Manual especificaciones técnicas de calidad PR3

Anexo 4

Especificación solución de cloruro de paladio – Catalizador activado EL-52-107

 PETROQUIMICA RIO TERCERO S.A.		Página 1 de 1 Código EL-52-107 Revisión 15		
ESPECIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA				
TITULO: SOLUCION DE CLORURO DE PALADIO				
PARAMETROS	LIMITES		METODO DE ENSAYO	
1 - PALADIO POR BIDON	[Pd*]	gr	mín. 1071 máx. 1089	ver (1)
2 - ACIDEZ TOTAL	[HCl]	%	máx. 15	CI-52-107.b
3 - TEST DE HIDROGENACIÓN	[Act.Cat.]	%	mín. 90	CI-52-107.c
4 - HIERRO	[Fe]	mg/L	máx. 70	ver (2)
5 - METALES ESPECIFICOS				ver (2)
Plata	[Ag]	mg/L	máx. 10	
Platino	[Pt]	mg/L	máx. 50	
Rodio	[Rh]	mg/L	máx. 10	
Bismuto	[Bi]	mg/L	máx. 1	
Cadmio	[Cd]	mg/L	máx. 1	
Cobre	[Cu]	mg/L	máx. 10	
Níquel	[Ni]	mg/L	máx. 5	
Plomo	[Pb]	mg/L	máx. 2	
Zinc	[Zn]	mg/L	máx. 30	
6 - OTRAS IMPUREZAS	La solución deberá ser libre de aceites, grasas, azufre, fósforo y/o sus compuestos.			
7 - ENVASE	Bidones plásticos – capacidad 10 litros			
8 - VOLUMEN DE SOLUCION	litros/bidón		mín. 8,5 máx. 9,5	
(1)	El Paladio metálico utilizado en la preparación debe poseer una pureza mínima de 99,9 %, no incluyendo al Hierro. El contenido se determinará a partir de la medición de pureza según CI-52-107.a y la verificación del volumen real contenido en cada bidón.			
(2)	Se considera en primera instancia la Espectrometría por Absorción Atómica como método de ensayo.			

Fuente: Manual especificaciones técnicas de calidad PR3

Anexo 5

Matriz evaluación de impacto ambiental (EIA)

Condición		Normal	
Descripción		Recuperación Pd.	
Aspecto Ambiental		Generación de aguas residuales y vertidos a cursos de agua superficiales o subterráneos.	
Impacto Ambiental		Afectación de la calidad y/o parámetros hidráulicos de cursos de agua superficiales y/o subterráneos.	
Tipo de Efecto		Adverso	
Medio Físico	Recursos Naturales		
	Suelos y/o geomorfias		
	Aguas Superficiales y/o Subterráneas		1
	Aire		
	Biota		
	Perceptual		
Factor de Ponderación	0,2	Intensidad	Baja 2
	0,1	Amplitud Geográfica	Puntual 2
		Sensibilidad del Medio Impactado	Alta 10
	0,2	Persistencia	Baja 2
	0,2	Legislación	Cumplimiento 5
	0,1	Percepción por terceras partes interesadas	Baja 2
	0,1	Impacto sobre la opinión pública	Sin impacto 1
	Severidad		3,3
Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia		Frecuente 7
	Dificultades de detección y control		Con control no sistemático 6
Probabilidad de Ocurrencia		4,2	
Control Operacional	Controles Operativos		X
	Procedimientos / Instrucciones		X
	Alarmas y señalización		
	Capacitación / Formación		X
Legislación Aplicable		• Anexo II, Tabla 2, Decreto Nº 831/93 "Niveles Guía de calidad de agua para protección de vida acuática". Decreto Nº 847/16 "Anexo único reglamentación sobre estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico"	
Observaciones			
Barreras de prevención		Transferir efluente de fosa a pileta S5631 con camión atmosférico, para su acondicionamiento en Planta de Tratamiento de efluentes líquido del complejo de PR3	
Barreras de mitigación		En caso de rebalse de la fosa se dispone de un sistema perimetral de recolección de efluentes líquidos con capacidad para almacenar el doble de volumen de la fosa.	

Fuente: elaboración propia

Condición		Emergencia	
Descripción		Pérdida de contención en operación de recambio de Contenedores con soda cáustica concentrada, ácido clorhídrico concentrado, ácido nítrico 65 %	
Aspecto Ambiental		Generación y descarga al suelo de residuos sólidos /líquidos.	
Impacto Ambiental		Afectación de la calidad e integridad del suelo y geomorfias.	
Tipo de Efecto		Adverso	
Medio Físico	Recursos Naturales		
	Suelos y/o geomorfias	1	
	Aguas Superficiales y/o Subterráneas		
	Aire		
	Biota		
Perceptual			
Factor de Ponderación	0,2	Intensidad	Alta 10
	0,1	Amplitud Geográfica	Puntual 2
	0,1	Sensibilidad del Medio Impactado	Alta 10
	0,2	Persistencia	Alta 10
	0,2	Legislación	Incumplimiento 10
	0,1	Percepción por terceras partes interesadas	Alta 10
	0,1	Impacto sobre la opinión pública	Sin impacto 1
	Severidad		8,3
Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia		Poco frecuente 3
	Dificultades de detección y control		Con control no sistemático 6
Probabilidad de Ocurrencia		1,8	
Control Operacional	Controles Operativos		X
	Procedimientos / Instrucciones		X
	Alarmas y señalización		X
	Capacitación / Formación		X
Legislación Aplicable		• Anexo II, Tabla N° 9 Decreto N° 831/93 "Niveles guía de calidad de suelos"	
Observaciones		Los recipientes plásticos utilizados para el almacenamiento a granel cuentan con protecciones físicas que protegen el tanque contenedor	
Barreras de prevención		•Recambio periódico por contenedores nuevos •Realizar las operaciones de movimiento con autoelevador de forma segura •Depositar contenedores con producto dentro de las contenciones para efluentes de planta	
Barreras de mitigación		•Convocar a auxiliar de seguridad, •Emplear material absorbente, carbonato de sodio, arena según el líquido derramado, •Recoger material empleado para la mitigación, suelo impactado. Enviarlo a disposición final por operador habilitado,	

Fuente: elaboración propia

Condición		Anormal	
Descripción		Detención / puesta en marcha horno pirólisis CAH.	
Aspecto Ambiental		Generación de emisiones a la atmósfera.	
Impacto Ambiental		Afectación de la calidad del aire.	
Tipo de Efecto		Adverso	
Medio Físico	Recursos Naturales		
	Suelos y/o geomorfias		
	Aguas Superficiales y/o Subterráneas		
	Aire	1	
	Biota		
	Perceptual		
Factor de Ponderación	0,2	Intensidad	Media 5
	0,1	Amplitud Geográfica	Local 5
	0,1	Sensibilidad del Medio Impactado	Alta 10
	0,2	Persistencia	Transitoria 1
	0,2	Legislación	Cumplimiento 5
	0,1	Percepción por terceras partes interesadas	Media 5
	0,1	Impacto sobre la opinión pública	Moderado 2
	Severidad		4,4
Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia		Poco frecuente 3
	Dificultades de detección y control		Con control no sistemático 6
Probabilidad de Ocurrencia		1,8	
Control Operacional	Controles Operativos		X
	Procedimientos / Instrucciones		X
	Alarmas y señalización		X
	Capacitación / Formación		X
Legislación Aplicable		• Resolución 105/17 "Estándares de Aire de la Provincia de Córdoba". Anexo II, Tabla N° 11 Decreto N° 831/93" Estándares de Emisiones Gaseosas"	
Observaciones			
Barreras de prevención		<ul style="list-style-type: none"> • Alarmas por detención de quemador cámara de humos • Análisis previo de la composición de CA a incinerar • Monitoreo periódico de emisiones por chimenea • Monitoreo y control on-line de O2 y CO en chimenea. Este analizador controla la relación Gas Natural/Aire al quemador del horno. 	
Barreras de mitigación			

Fuente: elaboración propia

Condición		Anormal	
Descripción		Exceso de MTD a incinerar.	
Aspecto Ambiental		Generación de emisiones a la atmósfera.	
Impacto Ambiental		Afectación de la calidad del aire.	
Tipo de Efecto		Adverso	
Medio Físico	Recursos Naturales		
	Suelos y/o geomorfias		
	Aguas Superficiales y/o Subterráneas		
	Aire	1	
	Biota		
	Perceptual		
Factor de Ponderación	0,2	Intensidad	Baja 2
	0,1	Amplitud Geográfica	Local 5
	0,1	Sensibilidad del Medio Impactado	Alta 10
	0,2	Persistencia	Transitoria 1
	0,2	Legislación	Cumplimiento 5
	0,1	Percepción por terceras partes interesadas	Media 5
	0,1	Impacto sobre la opinión pública	Sin impacto 1
	Severidad		3,7
Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia	Frecuente 7	
	Dificultades de detección y control	Con detección sin control 9	
Probabilidad de Ocurrencia		6,3	
Control Operacional	Controles Operativos	X	
	Procedimientos / Instrucciones	X	
	Alarmas y señalización	X	
	Capacitación / Formación	X	
Legislación Aplicable		• Resolución 105/17 "Estándares de Aire de la Provincia de Córdoba". Anexo II, Tabla N° 11 Decreto N° 831/93" Estándares de Emisiones Gaseosas"	
Observaciones			
Barreras de prevención		• Alarmas por detención de quemador cámara de humos • Análisis previo de la composición del catalizador agotado antes de incinerar • Monitoreo periódico de emisiones por chimenea	
Barreras de mitigación		• La camara de combustion secundaria opera una temperatura de 1800°C de manera de garantizar que se combustione por completo cualquier compuesto organico	

Fuente: elaboración propia

Condición		Anormal	
Descripción		Incineración de filtros de aspiración.	
Aspecto Ambiental		Generación de emisiones a la atmósfera.	
Impacto Ambiental		Afectación de la calidad del aire.	
Tipo de Efecto		Adverso	
Medio Físico	Recursos Naturales		
	Suelos y/o geomorfias		
	Aguas Superficiales y/o Subterráneas		
	Aire	1	
	Biota		
	Perceptual		
Factor de Ponderación	0,2	Intensidad	Media 5
	0,1	Amplitud Geográfica	Local 5
	0,1	Sensibilidad del Medio Impactado	Alta 10
	0,2	Persistencia	Transitoria 1
	0,2	Legislación	Incumplimiento 10
	0,1	Percepción por terceras partes interesadas	Media 5
	0,1	Impacto sobre la opinión pública	Moderado 2
	Severidad		5,4
Probabilidad	Frecuencia de Ocurrencia	Poco frecuente 3	
	Dificultades de detección y control	Con detección sin control 9	
Probabilidad de Ocurrencia		2,7	
Control Operacional	Controles Operativos		
	Procedimientos / Instrucciones		
	Alarmas y señalización		
	Capacitación / Formación		
Legislación Aplicable		• Resolución 105/17 "Estándares de Aire de la Provincia de Córdoba". Anexo II, Tabla N° 11 Decreto N° 831/93" Estándares de Emisiones Gaseosas"	
Observaciones			
Barreras de prevención		• Alarmas por detención de quemador cámara de humos • Análisis previo de la composición de catalizador agotado a incinerar • Monitoreo periódico de emisiones por chimenea	
Barreras de mitigación		• Sistema de detección de humos y disponibilidad de matafuego, hidrante y facilidades para rociado de espuma ignífuga.	

Fuente: elaboración propia

Anexo 6

Matriz de evaluación y control de riesgos laborales

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Químicos	Químicos
	Clase	Exposición a, o contacto con sustancias químicas irritantes, nocivas, tóxicas sensibilizantes o corrosivas por inhalación	Exposición a, o contacto con sustancias químicas irritantes, nocivas, tóxicas sensibilizantes o corrosivas por vía dérmica
	Origen	Escape de gases o vapores tóxicos (NO3H + HCl)	Derrame de productos corrosivos o cáusticos (NO3H + HCl)
	Legislación Aplicable	Cap. 9 (Ley 19587) - Anexo III (Dec. 351/79)	Cap. 9 (Ley 19587) - Anexo III (Dec. 351/79)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	MUY DEFICIENTE	MUY DEFICIENTE
	Ponderación	10	10
Nivel de Probabilidad	Categoría	Alta	Alta
	Ponderación	30	30
Nivel de Consecuencia	Categoría	Mortal o Catastrófico	Mortal o Catastrófico
	Ponderación	100	100
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Intolerable	Intolerable
	Ponderación	3000	3000
Nivel de Intervención		I	I
Controles	Controles de Ingeniería	X	X
	Advertencias	X	
	Controles Administrativos	X	X
	EPP	X	X
	Observaciones	P-72-320 Plan de acción ante emergencias. P-72-107 Elementos de protección personal. I 72-151 Respuesta ante incidentes internos.	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Aceptable
	Ponderación	1	1
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	2	2
Nivel de Consecuencia	Categoría	Muy grave	Muy grave
	Ponderación	60	60
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Tolerable	Tolerable
	Ponderación	120	120

Fuente: elaboración propia

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Eléctricos	Físicos
	Clase	Contacto con objetos bajo tensión o por arco eléctrico.	Exposición a ruido
	Origen	Fallas en sistemas eléctricos	Horno Pirólisis en servicio + aspiradora de bandejas + movimientos de bandejas en interior del Horno
	Legislación Aplicable	Cap. 14 (Ley 19587) - Anexo VI (Dec. 351/79)	Cap. 13 (Ley 19587) - Anexo III (Dec. 351/79)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Deficiente
	Ponderación	6	6
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	18	18
Nivel de Consecuencia	Categoría	Mortal o Catastrofico	Muy grave
	Ponderación	100	60
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Intolerable	Importante
	Ponderación	1800	1080
Nivel de Intervención		I	II
Controles	Controles de Ingeniería		X
	Advertencias	X	
	Controles Administrativos		
	EPP		X
	Observaciones	Prohibido tomar contacto con instalación eléctrica desprotegida. No manipular tablero eléctricos sin ser personal idoneo. En caso de detectar fallas, se notificara a la guardia electrica de turno. No tomar contacto con trazados eléctricos desconocidos. Uso de tableros normalizados con PAT.	Uso de protección auditiva endoaural.
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Aceptable
	Ponderación	1	1
Nivel de Probabilidad	Categoría	Baja	Media
	Ponderación	2	2
Nivel de Consecuencia	Categoría	Grave	Grave
	Ponderación	25	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Tolerable	Tolerable
	Ponderación	50	50

Fuente: elaboración propia

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Físicos	Físicos
	Clase	Exposición a temperaturas extremas (frío / calor).	Incendio y explosión
	Origen	Tareas alrededor de Horno pirólisis + reactores de digestión.	Escape de gas natural (Horno Pirolisis)
	Legislación Aplicable	Anexo II - Cap. 8 (Dec. 351/79)	Cap. 16 y 18 (Ley 19587) - Anexo VII (Dec. 351/79)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Deficiente
	Ponderación	6	6
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	18	18
Nivel de Consecuencia	Categoría	Muy grave	Mortal o Catastrofico
	Ponderación	60	100
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Importante	Intolerable
	Ponderación	1080	1800
Nivel de Intervención		II	I
Controles	Controles de Ingeniería	X	X
	Advertencias	X	
	Controles Administrativos		
	EPP		
	Observaciones	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Aceptable
	Ponderación	1	1
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Baja
	Ponderación	2	2
Nivel de Consecuencia	Categoría	Leve	Muy grave
	Ponderación	10	60
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Trivial	Tolerable
	Ponderación	20	120

Fuente: elaboración propia

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Físicos	Mecánicos
	Clase	Incendio y explosión	Golpes producidos por caídas al mismo nivel.
	Origen	Escape de gas H2 (reducción de Pd)	Piso resbaladizo (humedo), conductores de fluidos (mangueras)
	Legislación Aplicable	Cap. 16 y 18 (Ley 19587) - Anexo VII (Dec. 351/79)	Cap. 15 (Ley 19587)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Ocasional	Frecuente
	Ponderación	2	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Mejorable
	Ponderación	6	2
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Baja
	Ponderación	12	6
Nivel de Consecuencia	Categoría	Mortal o Catastrofico	Grave
	Ponderación	100	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Importante	Moderado
	Ponderación	1200	150
Nivel de Intervención		II	III
Controles	Controles de Ingeniería	X	X
	Advertencias		
	Controles Administrativos	X	
	EPP		X
	Observaciones	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Mejorable
	Ponderación	1	2
Nivel de Probabilidad	Categoría	Baja	Media
	Ponderación	2	3
Nivel de Consecuencia	Categoría	Muy grave	Leve
	Ponderación	60	10
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Tolerable	Tolerable
	Ponderación	120	30

Fuente: elaboración propia

Sitio		Planta Industrial	
Area		Operaciones	
Sector		Hidrocarburos	
Planta		Recuperación de Pd	
PP / Contratistas		Personal Propio	
Puesto de Trabajo		SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd	
Proceso / Actividad		RECUPERACION DE METALES (Pd)	
Condición		Rutinaria	
Personas expuestas		7	
Identificación de Peligro	Tipo	Ergonómicos y Psicosociales	Ergonómicos y Psicosociales
	Clase	Sobreesfuerzo físico debido a la adopción de posturas forzadas del cuerpo.	Exposición a condiciones ergonómicas de iluminación (fatiga visual)
	Origen	Colocación y retiro de bandejas en Horno Pirólisis + aspirado de cenizas de catalizador agotado de hidrogenación	Sala Horno Pirólisis
	Legislación Aplicable	Anexo I (Resol. 295/03)	Cap. 12 (Ley 19587) - Anexo III (Dec. 351/79)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Deficiente
	Ponderación	6	6
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	18	18
Nivel de Consecuencia	Categoría	Grave	Grave
	Ponderación	25	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Moderado	Moderado
	Ponderación	450	450
Nivel de Intervención		III	III
Controles	Controles de Ingeniería	X	X
	Advertencias		
	Controles Administrativos		
	EPP		
	Observaciones	El operario no podrá levantar una carga, con un peso superior a los 25 kg, los insumos se francionaran en pesos menores a los 25 ks, para su facil manipulación. Prohibido girar con carga. En caso de ser necesario utilizar dispositivo mecánico.	Se realizaran las mediciones establecidas anualmente, según Resolución SRT N° 84/12. En caso de detectar que no se cumple con lo establecido según la legislación vigente, se optara por cambiar tecnología de iluminación o mejorar la calidad de equipos.
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Mejorable
	Ponderación	1	2
Nivel de Probabilidad	Categoría	Baja	Media
	Ponderación	3	2
Nivel de Consecuencia	Categoría	Grave	Leve
	Ponderación	25	10
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Tolerable	Trivial
	Ponderación	75	20

Fuente: elaboración propia

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Ergonómicos y Psicosociales	Ergonómicos y Psicosociales
	Clase	Estrés y tensión térmica	Sobresfuerzo físico producido por la manipulación manual de cargas.
	Origen	Temperaturas elevadas (H° Pirólisis)	Levantamiento manual de cargas (manipulación de bandejas con catalizador agotado de hidrogenación)
	Legislación Aplicable	Anexo II - Cap. 8 (Dec. 351/79)	Anexo I (Resol. 295/03)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Deficiente
	Ponderación	6	6
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	18	18
Nivel de Consecuencia	Categoría	Grave	Grave
	Ponderación	25	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Moderado	Moderado
	Ponderación	450	450
Nivel de Intervención		III	III
Controles	Controles de Ingeniería	x	X
	Advertencias		
	Controles Administrativos	x	
	EPP		
	Observaciones	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP	RG 72 606 12 Programa anual de control de ergonomía. Adoptar posición ergonomica. Para tareas repetitivas tomas descanses. Mantener espalda derecha. Evitar girar con peso. I- 34-229 Orden y limpieza.
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Aceptable
	Ponderación	1	1
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Baja
	Ponderación	2	3
Nivel de Consecuencia	Categoría	Leve	Grave
	Ponderación	10	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Trivial	Tolerable
	Ponderación	20	75

Fuente: elaboración propia

Sitio	Planta Industrial		
Area	Operaciones		
Sector	Hidrocarburos		
Planta	Recuperación de Pd		
PP / Contratistas	Personal Propio		
Puesto de Trabajo	SUPERVISOR PTA. RECUPERACIÓN DE Pd		
Proceso / Actividad	RECUPERACION DE METALES (Pd)		
Condición	Rutinaria		
Personas expuestas	7		
Identificación de Peligro	Tipo	Mecánicos	Mecánicos
	Clase	Contactos con gases, vapores o líquidos a alta presión.	Caída a un nivel inferior
	Origen	Reactores de digestión.	Agregado de cenizas de catalizador agotado de hidrogenación a reactores de digestión
	Legislación Aplicable	Cap. 16 (Ley 19587) - Anexo VII (Dec. 351/79)	Cap. 15 (Ley 19587)
Nivel de Exposición (NE)	Categoría	Frecuente	Frecuente
	Ponderación	3	3
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Deficiente	Deficiente
	Ponderación	6	6
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Media
	Ponderación	18	18
Nivel de Consecuencia	Categoría	Mortal o Catastrófico	Grave
	Ponderación	100	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Intolerable	Moderado
	Ponderación	1800	450
Nivel de Intervención		I	III
Controles	Controles de Ingeniería	X	X
	Advertencias		
	Controles Administrativos	X	X
	EPP	X	
	Observaciones	P-72-320 Plan de acción ante emergencias / I-34-229 Orden y limpieza -P-72-107 Uso de EPP	Mantener el sector en orden y limpieza. Despejar los lugares de paso. Verificar condiciones de plataformas que se encuentren en óptimo estado y cuente con barandas perimetrales.
Nivel de Deficiencia (ND)	Categoría	Aceptable	Mejorable
	Ponderación	1	2
Nivel de Probabilidad	Categoría	Media	Baja
	Ponderación	3	2
Nivel de Consecuencia	Categoría	Muy grave	Grave
	Ponderación	60	25
Nivel de Riesgo (NR)	Categoría	Moderado	Tolerable
	Ponderación	180	50

Fuente: elaboración propia

Anexo 7

Matriz análisis de riesgo de procesos

ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS				
Sitio		Planta Industrial Río Tercero		
Sector		Hidrocarburos		
Planta		Recuperación de Pd		
Nodo	Desvío	Posibles Causas	Posibles Efectos	Protecciones Existentes
Reactor	1 Alta Presión	1.1 Línea de desgajaje obstruida	<p>a) Rotura de Reactor de vidrio con proyección hacia el personal y las instalaciones.</p> <p>b) Alivio de presión a través de las conexiones roscadas y/o bridas seguido de una proyección de agua regia a 100°C y emisión de vapores tóxicos (Cloro HC y NOx)</p> <p>c) Lesiones irreversibles y/o muerte sobre el personal</p> <p>d) Daños sobre las instalaciones</p>	<p>a) Sistema de alivio automático para cada uno de los reactores a través de una línea de mayor sección e independientes</p> <p>b) Indicación de presión en cada reactor con alarma lumínica/sonora y accionamiento automático de válvula de alivio</p> <p>c) Accionamientos de emergencia a distancia (apertura válvulas de alivio)</p> <p>d) Accionamiento a distancia de apertura de portón lado sur y extractor de gases.</p>
		1.2 Válvula de envío de gases a Scrubber Cerrada	Ídem pto. 1.1	<p>a) Indicación de presión en cada reactor con alarma lumínica/sonora y accionamiento automático de válvula de alivio</p> <p>b) Accionamientos de emergencia a distancia (apertura válvulas de alivio)</p> <p>c) Control Operativo pocedimentado. El operador antes de iniciar una nueva reacción debe completar una planilla de verificaciones tipo Check List.</p> <p>d) Accionamiento a distancia de llave de corte de resistencias de calentamiento. Esto permite detener la reacción.</p>
		1.3 Reacción descontrolada con presencia de espuma	Ídem pto. 1.1	<p>a) Indicación de presión en cada reactor con alarma lumínica/sonora y accionamiento automático de válvula de alivio</p> <p>b) Control Operativo permanente en las etapas más crítica de la reacción (rampa de incremento de temperatura)</p> <p>c) Limitación de potencia en las velas calefactoras de esta manera el sistema transita una curva calentamiento de 8 hs hasta llegar a la temperatura optima de reacción.</p> <p>d) Indicación y control de temperatura.</p>

Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS						
Sitio		Planta Industrial Río Tercero				
Sector		Hidrocarburos				
Planta		Recuperación de Pd				
Nodo	Desvío	Posibles Causas	Posibles Efectos	Protecciones Existentes		
Scrubber	2	Bajo Flujo	2.1	Bajo rendimiento de la bomba	Emisión de gases tóxicos (Cl ₂ , HCl, NO _x)	<p>a) Instrumento de indicación de presión de descarga en bomba.</p> <p>b) Control operativo procedimentado. El operador realiza cada 2 un recorrido relevado en una planilla de control el valor de presión de descarga de la bomba. Durante las etapas de reacción el recorrido se hace cada 1 hora.</p> <p>c) Indicación de corriente de la bomba con alarma lumínica y sonora por bajo consumo. Ubicado en tablero de control</p> <p>d) Alarma sonora y lumínica por baja presión de impulsión. Ubicado en tablero de control</p> <p>e) Semanalmente se lava el circuito con agua caliente a 50°C aproximadamente</p>
			2.2	Obstrucción de la línea de recirculación con sales		
	3	Retroceso de Flujo	3.1	Nivel de solución neutralizante supera la altura a la cual ingresan los gases ácidos al Scrubber y reactor de digestión se encuentra en etapa de enfriamiento.	Llegada de Solución de NaOH a los reactores de digestión, seguido de reacción violenta entre los ácidos del agua regia y la NaOH	<p>a) Los buses de ingreso de los gases ácidos al Scrubber se encuentran ubicados por encima del nivel de líquido.</p> <p>b) Para poder garantizar el nivel de trabajo el operador cuenta con la indicación visual de nivel.</p>
	4	Flujo Nulo	4.1	Detención de la Bomba	Emisión de gases tóxicos (Cl ₂ , HCl, NO _x)	Alarma Sonora por detención de bomba. Ubicada en tablero de control
	5	Baja Concentración	5.1	Solución NaOH agotada	Emisión de gases tóxicos (Cl ₂ , HCl, NO _x)	<p>a) Indicación de corriente de la bomba, lo cual brinda una referencia de la dilución de la solución.</p> <p>b) Una carga de NaOH permite la digestión completa de dos Batch quedando un remanente de NaOH aprox. 8%. En caso de realizarse un 3er digestión se realiza una renovación parcial de la solución.</p> <p>c) Control Operativo procedimentado. Determinación de concentración de solución de NaOH por laboratorio.</p>
6	Alto Nivel	6.1	Obstrucciones en instrumento de Nivel visual	Incremento de presión en los reactores	<p>a) Indicación de presión en reactores de digestión con alarma lumínica y sonora</p> <p>b) Indicación de corriente de la bomba, lo cual brinda una referencia del trabajo ejercido por la bomba y en consecuencia la contra presión</p>	
		6.2	Falla en el control operativo del incremento de nivel tras las reacciones de digestión			

Fuente: elaboración propia

ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS				
Sitio		Planta Industrial Río Tercero		
Sector		Hidrocarburos		
Planta		Recuperación de Pd		
Nodo	Desvío	Posibles Causas	Posibles Efectos	Protecciones Existentes
Scrubber	7 Alta Temperatura	7.1 Reacción neutralización	Bajo rendimiento reacción de neutralización. Potencial emisión de gases tóxicos al ambiente (Cl ₂ , HCl, NO _x)	Se ha verificado en la práctica que en la condición más exigente de trabajo (3 reactores en digestión) la temperatura alcanzada por la solución (aprox. 40°C) no afecta la capacidad de neutralización del Scrubber.

Fuente: elaboración propia