



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

DEFICIENCIAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LA  
PLANTA DE AGUA DE ULTRAFILTRACIÓN POR  
OSMOSIS INVERSA DE UNA REFINERIA EN EL AÑO  
2017

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en **Ingeniería Industrial**

Autores:

Javier Nestor Ordaya Quispe  
Marco Antonio Montero Quispe

Asesor:

Lima - Perú

2017

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr. Miguel Angel Oruna Rodriguez; ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación de los estudiantes Marco Antonio Montero Quispe y Javier Néstor Ordaya Quispe; para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: "Deficiencias en el proceso productivo de la Planta de Agua de ultrafiltración por osmosis inversa de una Refinería en el año 2017"

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

- ( ) Aprobado
- Calificativo: ( ) Excelente [18-20]
- ( ) Sobresaliente [15-17]
- ( ) Buena [13-14]

## DEDICATORIA

Con cariño y amor a mi hija Rossmery, por ser la razón de mi vida y darme toda la energía positiva, a mi esposa Emérita y a mi madre Angélica como justo reconocimiento por su amor, comprensión y apoyo para la culminación de esta meta.

Javier Ordaya Quispe

A mis queridos padres por darme la vida y apoyo incondicional en todo momento, hicieron todo en la vida para que yo pueda lograr mis sueños y seguir adelante.

Marco Antonio Montero

## AGRADECIMIENTO

A los docentes de la UPN que contribuyeron en nuestra formación profesional con cada una de las materias desarrolladas.

Alas personas que han formado parte de nuestra vida profesional, agradecer por su amistad, ánimos, consejos y compañía en nuestro paso universitario.

A nuestros profesores y en especial a la docente del curso de Tesis por su gran apoyo en la realización de nuestro proyecto de investigación.

## Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Objetivos	15
CAPÍTULO II METODOLOGÍA	17
CAPÍTULO III RESULTADOS	20
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	35
REFERENCIAS	38
ANEXOS	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Registro de frecuencia de mayor índice de fallas en el sistema de filtración....	20
Tabla N° 2: Proceso Registro de frecuencia de mayor índice de fallas en el sistema de filtración. ....	21
Tabla N° 3: Registros de instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°01.....	22
Tabla N° 4: Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N° 01).....	23
Tabla N° 5: Registros de instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°02.....	25
Tabla N° 6: Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N°2).....	26
Tabla N° 7: Registros de instrumentos y equipos críticos, en el sistema de Desionización (EDI) .....	28
Tabla N°8: Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el sistema Desmineralizador (EDI) .....	29
Tabla N° 9: Comparación de eventos por fallas y mantenimientos correctivos realizados..	30
Tabla N° 10: Producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01.....	31
Tabla N° 11: Producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02.....	31
Tabla N° 12: Producción de agua ultra filtrada del equipo EDI.....	32
Tabla N° 13:Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01.....	32
Tabla N° 14: Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02.....	33
Tabla N° 15: Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo EDI.....	33
Tabla N° 16: Reducción dela producción de agua ultra pura.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Diagrama de Pareto del sistema de filtración .....	21
Figura N° 2: Diagrama de Pareto del módulo del osmosis inversa (OR N <sup>a</sup> 1) .....	24
Figura N° 3: Diagrama de Pareto del módulo del osmosis inversa (OR N <sup>a</sup> 2).....	27
Figura N° 4: Diagrama de Pareto del módulo, del sistema Des-mineralizador (EDI) .....	30

## RESUMEN

La presente investigación se inicia con la observación al momento de realizar las inspecciones del estado que se encuentran los equipos y diagnósticos del sistema actual de mantenimiento que se realiza en la planta de la empresa AQA química S.A.

A partir de observación realizada en la planta de Ultra filtración de agua se realizó un primer diagnóstico utilizando la herramienta del Ishikawa, la misma que nos muestra el proceso de producción tal cual se desarrolla en la realidad. Luego se complementó el recojo de información de manera válida y confiable a través de el Diagrama de Pareto que nos permitió encontrar los puntos críticos en la planta para finalmente realizar el procesamiento y análisis de los problemas con la ayuda de un programa Excel.

Finalmente, se llegó a determinar que existen deficiencias en el mantenimiento de equipos con un alto índice de paradas de máquina y el impacto de una reducción del 5% en la productividad para la obtención de agua ultra pura en la planta de ultra filtración de la empresa AQA Química. Este diagnóstico nos proporciona información suficiente primero para la toma de decisiones y luego para la propuesta de posibles soluciones en una siguiente etapa de investigación.

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento no programado; paradas de máquina; productividad.



## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En los últimos 20 años el Perú ha tenido un gran cambio y crecimiento en el mercado de químicos y equipos para el tratamiento de agua industrial, siendo los sectores de mayor protagonismo las industrias mineras, pesqueras, centrales térmicas, alimentos, metalurgia, refinerías, textil, etc. Tal ha sido el impacto que ahora los equipos están siendo usados para el tratamiento de agua de mar, afirmación que concuerda con el análisis presentado por Argote Lazón, L. (2015) Lima- Perú. Repositorio Académico USMP en el estudio de Impacto de las inversiones en la actividad de generación eléctrica para el desarrollo socio económico del país.

En este trayecto encontramos a la empresa AQA química S.A., ubicada en la av. General Garzón 2210 Jesús María, con plantas en la Av. Guillermo Dansey 1517, Av. Carranza 2245, y San Juan de Miraflores S/N. Actualmente la empresa cuenta con una gran demanda, brindando a sus clientes tratamientos químicos, ventas, montaje de equipos y operaciones en plantas de agua, entre otras. Entre sus principales clientes destacan los más importantes: Antamina, Milpo, Cerro Verde, Chinalco, textil San Ramón, Praxair, Mollicop, Petroperú, etc.

Sin embargo, observamos que al no contar con un mantenimiento preventivo se producen paradas no programadas en la planta de agua del área de operaciones situada en la planta de PRAXAIR, esto actualmente genera demoras en el proceso de obtención de agua ultra pura y la entrega del producto a los clientes. Una de las causas de este problema es que no existe una planificación de mantenimiento preventivo en la planta, además encontramos a un personal desmotivado y con escasa capacitación de acuerdo a sus funciones, debido a que la empresa misma no cuenta con políticas de inducción para sus colaboradores; respecto a los equipos no existe ningún método de calibración de medidores y control de procesos; en relación a la materia prima, no se cuenta con un adecuado registro de control; por otro lado también se observa la variación de parámetros en el agua fuente y límites máximos por encima de lo requerido. De continuar esta problemática además de la demora de entrega del producto, la empresa corre el riesgo de ser sujeto de penalidades por el incumplimiento de entrega en la operación de la planta de agua.

Respecto a este problema encontramos que de cada 5 plantas de tratamiento de agua una no tiene plan mantenimiento preventivo y predictivo, según Martín-Álvarez, N. C., & Mayo-Abad, O. (2013) La Habana - Cuba que en su artículo Calificación del desempeño de un sistema para la producción de agua purificada de la planta de producción de parenterales, donde además hace mención sobre la importancia de la validación que debe demostrar documentalmente la confiabilidad del sistema, equipos y procesos de fabricación, así como la validación de los métodos analíticos.

Entre los principales antecedentes referentes del presente estudio que tomamos como referencia tenemos:

En la tesis presentada por Baldeón, C. (2016) denominada: “Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la Empresa industria FIBRAFORTE. SA.” Sustenta que la producción óptima de las máquinas junto al éxito de la venta de sus productos es el eje fundamental de la empresa, por lo tanto cada interrupción en el funcionamiento de las máquinas por un mantenimiento correctivo se ve reflejada negativamente en la productividad. En este sentido se planteó la pregunta de investigación: ¿Cómo a partir de la implementación de un sistema de ablandadores de agua de intercambio iónico reduciría los costos por parada de producción en la empresa Industrias Fibrforte S.A, en el año 2015? En la actualidad las paradas intempestivas de máquina, es decir paradas por mantenimiento correctivo se vienen reduciendo en su mínimo con diversos programas de mantenimiento como son los preventivos y predictivos. Por ende al realizar un mantenimiento preventivo en las piezas hidráulicas de nuestras máquinas, se determinó un problema constante por obstrucción de tuberías. Al realizar un estudio de aguas con la asesoría de la empresa AcquaChem S.A.C. especialista en tratamientos de agua, recomendó realizar un tratamiento a los pozos de agua que trabajan con las máquinas, debido a la elevada dureza en el agua que brinda la compañía de SEDAPAL, por lo tanto se recomendó un tratamiento a los pozos con ablandadores de agua por intercambio iónico. Después de su presentación a la jefatura de mantenimiento dando a conocer los beneficios en ahorro de los costos por mantenimientos correctivos, se aprobó y procedió a la instalación y funcionamiento, lográndose la disminución de las paradas intempestivas de máquina por obstrucción de las piezas hidráulicas, debido a la reducción de la dureza del agua.

En la Tesis de Abaurre R. (2016) sobre el “Estudio de la Gestión de Paradas de Planta”. Gestión Integral de la Parada Mayor del Turbogenerador de una Planta de Ciclo Combinado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. Presentaron dos objetivos fundamentales: 1) La elaboración de una metodología para la realización de las paradas de planta de tal manera que la empresa cuente con un sistema estandarizado. 2) La aplicación práctica de esta metodología al caso de la parada de una planta de ciclo combinado para la inspección mayor del turbogenerador. Este documento articula 11 capítulos principales y uno de bibliografía. En los tres primeros capítulos se introduce y caracteriza el proyecto, la empresa y las paradas de planta. A continuación, los capítulos 4 a 6, como se ha indicado en el objeto del proyecto, contienen el desarrollo de una metodología estandarizada para la realización de paradas de planta programadas. Seguidamente, los capítulos 7 a 11, recogen la aplicación práctica de esta metodología, tal como también se ha indicado en el objeto del

proyecto. Con la realización de este proyecto, se pretende, además, ayudara la empresa a estandarizar sus procedimientos para futuras inspecciones, con el ahorro de tiempo y costo que eso supone. De esta forma, queda totalmente documentada y organizada toda la información aportada por el fabricante de las turbinas, necesaria para las inspecciones mayores de los equipos.

Por otro lado en la tesis de Correa M., Moreno R. y Vargas F. (2015) titulada “Diseño y elaboración de un protocolo en Gerencia de Proyectos para el mantenimiento de paradas de Planta en refinerías de Colombia” en la Empresa MECÁNICA ASOCIADOS SAS, establecen las bases bajo las cuales se desarrollaron diferentes protocolos, haciendo referencia en primer lugar al contexto bajo el cual se utilizaran, especificando el estado actual del mantenimiento de paradas de planta en Colombia incluyendo la normatividad y documentación relacionada y otros aspectos generales. La aproximación del gerenciamiento de mantenimiento de paradas de planta desde la guía PMBOK, se dio de manera fluida gracias a las grandes similitudes entre los componentes de ambas. Esto deja un procedimiento que permite desarrollar las diferentes actividades de una manera estructurada y eficiente. Los mantenimientos de paradas de planta son proyectos de alta complejidad y con ritmos acelerados, donde la planeación es de vital importancia, el no seguimiento de una estructura apropiada lleva a resultados catastróficos para las partes involucradas en el proyecto. Este análisis nos ayuda a establecer criterios y tomar decisiones frente a los problemas de paradas de Planta ya que un buen diagnóstico nos permitirá entrar a la etapa de planificación que en este caso propone el desarrollo de protocolos.

Tomando en cuenta el problema, respecto a las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y conocer si estos influyen en la productividad de la Planta de Agua Osmosis Inversa en el área de operaciones de la Refinería la Pampilla “REPSOL, es importante conocer algunos conceptos básicos que se relacionan a estas variables:

**Mantenimiento**, se define como un “conjunto de acciones que permiten mantener o restablecer un bien en un estado específico o en la medida de asegurar un servicio determinado” Castro, S. J. C., Gonzáles, E. M., & Canto, S. P. (2001).

Los **tipos de mantenimiento** según la norma AFNOR X 60 010 y 60 011, son dos: mantenimiento correctivo y el mantenimiento preventivo:

- **El mantenimiento correctivo** es aquella operación de mantenimiento efectuada después del fallo. Está basada en dos tipos de intervenciones: 1) Los arreglos, esto es, una vuelta al estado de funcionamiento realizada en el propio lugar donde opera la máquina, en ocasiones sin interrupción del funcionamiento del conjunto afectado. Este arreglo se realiza con carácter momentáneo y son característicos del mantenimiento paliativo. 2) Las reparaciones, realizadas in situ o en el taller central de la fábrica, en ocasiones tras el

arreglo. Esta reparación se realiza de forma definitiva y son característicos del mantenimiento curativo.

- **Mantenimiento Preventivo** es aquel que se efectúa con la intención de reducir la probabilidad de fallo de un bien o la degradación de un servicio prestado. Es una intervención de mantenimiento programada, preparada y prevista en fecha anterior a la probable de aparición de un fallo.

Así mismo, de acuerdo a León, F. (1998), los **problemas de mantenimiento más frecuentes** que se presentan en forma general son: el mal diseño o error de cálculos en las máquinas o equipos; los defectos de fabricación de las instalaciones, equipos o máquinas; desgaste natural o envejecimiento por el uso; mal uso de las instalaciones, equipos o máquinas, fenómenos naturales y otras causas.

Por otro lado también podemos identificar los **efectos más frecuentes de los problemas de mantenimiento** como: la existencia de evidencia de la falla; de que modo se presenta una amenaza para la seguridad o el medio ambiente; de que manera afecta a la producción o a las operaciones; los daños físicos causados por la falla; qué debe hacer para reparar la falla.

En el caso del **mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas**, analizamos que en este estudio en particular afecta la producción y el cumplimiento de entrega del producto a los clientes, por ello se debe desarrollar de la forma más adecuada posible, siguiendo protocolos y procedimientos indicados por el fabricante. Estos puntos son de vital importancia, ya que, de no ser así la operación podría fallar, ocasionando paradas inesperadas, pérdidas económicas de operación a los procesos a los cuales estén adecuadas.

El objetivo principal del mantenimiento para los equipos de tratamiento de agua es tener un control planificado y estandarizado para cada uno de los equipos e instrumentos que son de vital importancia para la operación de la planta. De este principio, nace un objetivo técnico, que es de conservar en condiciones de funcionamiento todo equipo, maquinaria y sistema en planta de tratamiento. En estos procesos de tratamiento de aguas existen muchos equipos y podemos mencionar algunos que son indispensables para el pre - tratamiento, tratamiento y tratamiento final en una planta de agua. Estos equipos son: el sistema de filtración por arena, el sistemas de filtración por carbón activado, el Sistema de filtración por malla, el Sistema ablandador, el Sistema por intercambiador iónicos, Osmosis Inversa RO, los Sistemas de dosificación de productos químicos (bombas dosificadoras), el Sistema de desinfección por ultravioleta y la unidad EDI. Con estos equipos va de la mano un control de funcionamiento, a su vez un seguimiento a los parámetros del sistema. Estos equipos se pueden apreciar en el anexo N° 1.

En relación al **mantenimiento de equipos y las paradas no programadas** es importante tomar en cuenta lo planteado por Ramírez, J. (2010) quien nos explica que "el

mantenimiento electromecánico en las Plantas de tratamiento es de fundamental importancia para la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q)” y afirma que con una adecuada dirección se logra que los procesos de producción de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable, se realicen sin paradas no programadas que ocasionan el desabastecimiento, pérdidas económicas, etc.

Por otro lado, Molina V. (2009) nos explica que uno de los problemas críticos respecto al sistema de control automático en plantas de producción es “la incorrecta lógica de operación de algunos equipos y la falta de mantenimiento del sistema”, así mismo afirma que un sistema de control deficiente “dificulta la operación de todo el proceso de producción”. Por otro lado, si bien es cierto que el incorrecto control por errores humanos causan paradas no programadas, sin embargo actualmente un sistema de control adecuadamente implementado posibilita menos errores por parte de los operadores. Por su parte Molina V., (2009) explica que a veces no se evalúa, ni se analizan los equipos principales que con una falla o daño pueden causar serios daños en la línea de producción, así mismo asegura que el problema principal que actualmente las empresas de producción enfrentan la “Pérdida de Producción por Paradas no Programadas por problemas en el Sistema de Control Automático”, lo cual incrementa los costos de la empresa.

En este caso, también consideramos importante hablar del **mantenimiento preventivo para evitar paradas no programadas**, al respecto Ventura, M. (2016) nos explica que “consiste en realizar las labores de engrase, lubricación y reparaciones menores o mayores programadas (antes de que ocurran las fallas)”, en este caso es importante mencionar que estas se encuentran indicadas en los manuales técnicos de mantenimiento y lubricación que son entregados por los fabricantes de las máquinas. Igualmente sobre el **mantenimiento predictivo para evitar paradas no programadas**, el mismo autor afirma que “Consiste en realizar evaluaciones programadas, a fin de obtener parámetros de funcionamiento de las máquinas y compararlos con los parámetros dados por los fabricantes”.

Respecto al **mantenimiento correctivo en relación a las paradas imprevistas**, consiste en realizar actividades de reparaciones después de presentarse una falla, la misma que puede ser programada o no programada. Al respecto Ventura, M. (2016) nos explica que:

Si el mantenimiento es no programado va a significar una parada inesperada de máquina, con las consecuencias inherentes, como son el retraso de la obra, costo de reemplazos de máquinas más caros, pago al personal administrativo con la obra paralizada, repercusión en otros frentes de obra, que tendrán que sufrir paralización también inesperada. Los mantenimientos correctivos programados requieren de menos repuestos que los no programados.

Normalmente las reparaciones no programadas involucran cambios de repuestos que normalmente no deben ser cambiados nunca, o con muy poca frecuencia.

Si bien es cierto que el mantenimiento correctivo es un mantenimiento puntual como consecuencia de una falta de una programación y un mal control de ciertos equipos y repuestos, cabe mencionar que este mantenimiento es llevado en insitu y según la severidad del problema. Actualmente la corrección de estos mantenimientos está ocasionando inconvenientes en la planta de ultra filtración ocasionando las paradas imprevistas en la planta de ultra filtración, la pérdida de tiempo en la producción, reparaciones deficientes, un control menos exhaustivo, tiempos muertos en planta, etc.

Respecto a **la variable “productividad”** Fajardo, C. (1995) afirma que consiste en la relación entre el volumen de producción y los recursos utilizados por una unidad de tiempo con el propósito de aumentar la capacidad de producción a partir de una cantidad dada de trabajo por hombre y máquina, esto permite intensificar el trabajo del operario, optimizar el funcionamiento de máquinas y mejorar la capacidad administrativa de la empresa.

En el caso de una Planta de Tratamiento de Aguas, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de las máquinas y de los operarios en un periodo de tiempo, sin embargo hay que aclarar que la productividad en máquinas es determinada por sus características técnicas, mientras que en relación a los operarios se consideran como factores que influyen en la productividad.

Finalmente, una definición general planteada por Prokopenko, J. (1989), precisa que:

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos — trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información — en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo.

Finalmente, al **establecer la relación entre paradas de equipos y productividad**, Suzuki, T. (2017) asegura que “el tiempo invertido en la parada se considera una pérdida de producción normales; y las que resultan de defectos de la planta y anomalías son pérdidas de producción anormales; La reducción de los dos tipos de pérdidas de rendimiento mejora la eficacia global de la planta.”

Como podemos evidenciar las paradas de los equipos e instrumentos dispensables para la operación viene teniendo diversos problemas con fallas tanto externas como internas del sistema. El problema viene ocasionando que la producción de la materia prima para la planta de hidrogeno se vea afectada e involucre sistemas externos fuera del área de la planta de ultra filtración.

Cabe mencionar que la planta de agua, ultra pura fue diseñada para producir cierto volumen, necesario para el sistema de hidrogeno, según lo cual no está ocurriendo ya que tenemos una pérdida considerable en la recuperación del sistema, afectando parte de la producción. Si bien es cierto un equipo que falla y está fuera de línea es un equipo que no está considerado como parte de la operación, pero en este caso al no tener una medida da inmediata la productividad se ve afectada.

Finalmente, después del análisis de la realidad observada y las fuentes de información teórica, el presente estudio está dirigido a conocer si las deficiencias de mantenimiento influyen en la productividad de la Planta de Agua Osmosis inversa de una refinería.

## 1.2. Formulación del problema

¿Existen deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y baja productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, en el año 2017?

- ¿Cómo se presentan las deficiencias en el mantenimiento de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería?
- ¿En qué medida se presenta la baja productividad de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General.

Conocer en qué medida se presentan las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y baja productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, en el año 2017.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- Identificar cómo se presenta el impacto de las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.
- Determinar en qué % se presenta la reducción de la producción en la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.



## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo descriptiva, ya que se realizó el análisis de un proceso de producción vías deficiencias en el mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas lo cual se “constituye una base de diagnóstico para trabajos posteriores de mayor amplitud”. (Hurtado, 2002) Así mismo es una investigación de campo ya que se utilizaron datos primarios obtenidos directamente de la realidad (Caballero Romero, 2000)

Así mismo en este estudio se definen las variables para comprender y describir de manera más profunda y apropiada cómo se presentan los acontecimientos relacionados a las paradas de máquina y la productividad de la Planta de Ultrafiltración, por lo tanto el interés principal es recoger y medir información sobre las variables: paradas de máquina y productividad, pues el interés no es verificar la relación que existe entre ellas aunque si se desprende un aspecto causal.

El valor del estudio está centrado en describir la situación problemática y demostrar cuantitativamente cómo se presentan las paradas de equipos no programados y en cuánto se ha reducido la productividad durante un el año 2017, de esta manera se pretende contar con información precisa del problema para plantear posibles soluciones en un próximo futuro.

Por otro lado, el estudio tiene un enfoque mixto, ya que al iniciar las actividades se realizó un análisis cualitativo de la realidad observada de la que se desprendieron las variables y las causas del problema descritos mediante el uso de la técnica del Ishikawa (Anexo 02), además es cuantitativa porque posteriormente se procedió al recojo de datos cuantificables respecto a las paradas de máquina y la productividad.

**La población** está constituida por el número de deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua Osmosis Inversa.

**La muestra** está representada por las deficiencias en los equipos de tratamiento de la Planta de agua Osmosis Inversa, correspondiente a los últimos 8 meses del año 2017, las mismas que actualmente determinan la reducción en la producción de agua. Estas fallas presentan diferentes características como la frecuencia de fallas en el sistema de filtración; existencia de instrumentos y equipos críticos en el sistema de filtración (pre- tratamiento) y en los módulos de osmosis inversa N° 1 y 2; instrumentos y equipos críticos en el sistema de Des-lonización (EDI); fallas en el sistema Des-mineralizador (EDI); eventos por fallas y mantenimientos correctivos realizados, derivando todas estas deficiencias en la reducción de la producción de agua ultra pura.

Los **criterios de selección** responden al proceso de observación y los hallazgos a partir del análisis de todo el sistema tratamiento de agua, donde se detecta que los equipos presentan fallas que inciden directamente en la reducción de la productividad de agua en la Planta de agua Osmosis Inversa.

Las técnicas utilizadas son: la **observación sistemática y el análisis documental** y respecto a los instrumentos se optó por el uso de los **formatos técnicos y de laboratorio** para ser directamente procesados a través de las herramientas en Excel.

Los procedimientos realizados para la recolección de datos parte del análisis de la realidad, luego la aplicación de instrumentos de recojo de datos, la revisión y análisis documental de los registros e históricos de funcionamiento y productividad de los equipos que conforman la Planta de agua Osmosis Inversa.

Para el recojo de datos se dio inicio con la observación en campo y luego se procedió al análisis de esa realidad utilizando la técnica del Ishikawa en la que realizó el análisis causa – efecto y finalmente se aplicó el Diagrama de Pareto (diagrama 80 – 20), de la que se desprendieron los puntos críticos de la problemática identificada en la planta de ultrafiltración.

Todos los equipos involucrados en el problema del sistema se pueden observar en el anexo 1: Esquema de Ishikawa.

Para el **proceso de recolección de datos cuantitativos** respecto a las paradas de maquina por eventos, tomamos como fuente principal la información del registro de incidencias en el proceso de producción en planta, a través de los cuadernos de control, reportes diarios y formatos por paradas, posteriormente esta información se delimitó respecto a las incidencias y tiempo de paradas y se ingresó en un software Excel para su procesamiento y análisis de resultados mediante el uso del Diagrama de Pareto (diagrama 80 – 20)

Respecto a la variable productividad de la planta, igualmente tomando como punto de partida los resultados del Diagrama de Pareto (diagrama 80 – 20), se realizó la búsqueda de datos de inicios de operación por registro históricos en los formatos de control mensual a cargo del área de operaciones, a partir de las mismas se ingresó en un software Excel para su procesamiento y análisis de los resultados presentados.

Respecto al **procedimiento desarrollado en el tratamiento y análisis de los datos** en primer lugar se identificaron las fuentes de información a través de los registros existentes en la planta de tratamiento y mediante la aplicación de herramientas arriba mencionadas se procedió a la identificación y registro de datos sobre las diferentes fallas en equipos delimitando la información a las causas que generan deficiencias, paradas de máquina y baja productividad etc. A partir de la identificación del índice de fallas en cada caso se procedió a su registro en cuadros de doble entrada para finalmente realizar la descripción y/o análisis de los resultados. Los procedimientos y análisis determinaron:

- La frecuencia de mayor índice de fallas en el sistema de filtración.
- Los instrumentos y equipos críticos en el sistema de filtración (pre- tratamiento)
- Los instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°01
- La frecuencia de fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N°1)
- Los instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°02
- Las fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N°2)
- Los instrumentos y equipos críticos, en el sistema de Des-Ionización (EDI).
- La frecuencia de fallas en el sistema Des-mineralizador (EDI)
- La comparación de eventos por fallas y mantenimientos correctivos realizados.(borrar)
- La producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01.
- La producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02.
- La producción de agua ultra filtrada del equipo EDI.
- La producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01
- La producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02
- La producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo EDI.
- La reducción de la producción de agua ultra pura.

Las **consideraciones éticas que se toman en cuenta en el presente estudio** además de contar con información objetiva, válida y confiable, radica en la importancia del aprovisionamiento oportuno del agua en el estado ideal de calidad para el desarrollo cotidiano de las personas y las instituciones que la requieren, lo cual está por encima de cualquier beneficio económico, para ello identificamos los puntos críticos y fallas que se presentan actualmente en la Planta de Tratamiento de Agua Osmosis Inversa, esto permitirá el siguiente proceso de toma de decisiones y la aplicación de soluciones prácticas y pertinentes basados en la información válida y confiable a partir del presente estudio.

## CAPÍTULO III RESULTADOS

Encontramos que existen deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y baja productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería en el año 2017. A continuación **se describen los hallazgos respecto a cómo se presentan** las deficiencias:

**Tabla 1.** Registros de instrumentos y equipos críticos en el sistema de filtración (pre-tratamiento)

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA					PARADAS BIMESTRALES							
ITEM	FILTRO MULTIMEDIA	TAG	OP.	STAND BAY	ENT	FEA	ABM	JUN	AGO	NOV	DIC	PARADAS
1	Panel de control	PN-14037	✓		1	3	0	0	4	3	M.F.	10
2	Bomba C de retrolavado	FM-BC-001		EN FALLA	1	2	1	60	62	61	M.F.	186
3	Bomba C de retrolavado	FM-BC-002		EN FALLA	1	1	1	60	62	61	M.F.	185
4	Bomba V de compensacion	FM-BC-003	✓		1	0	0	0	2	3	M.F.	5
5	Bomba V de compensacion	FM-BC-004	✓		1	0	0	0	1	3	M.F.	4
6	Bomba de dosificacion de hipoclorito	FM- EDB-001	✓		1	1	3	2	8	7	M.F.	21
7	Bomba de dosificacion de flojulante	FM- EDB-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
8	Analizador de Turbidez	FM-AT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
9	Sensor de conductividad	FM-AT-002	✓		1	1	0	1	0	0	M.F.	2
10	Transmisores de presion	FM-PIT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
11	Transmisores de presion	FM-PIT-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
12	Electro valvula neumatica FM N° 1 VENTEO	FM-VBA-001	✓		1	2	0	0	10	24	M.F.	36
13	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
14	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
15	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-004	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
16	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-005	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
17	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-006	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
18	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-007	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
19	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-008	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
20	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-009	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
21	Electro valvula neumatica FM N° 1	FM-VBA-010	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
22	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-011	✓		1	3	0	0	14	30	M.F.	47
23	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-012	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
24	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-013	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
25	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-014	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
26	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-015	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
27	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-016	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
28	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-017	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
29	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-018	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
30	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-019	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
31	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-020	✓		1	1	8	15	10	18	M.F.	52
32	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-021	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
33	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-022	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
34	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-023	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
35	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-024	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
36	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-025	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
37	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-026	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
38	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-027	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
39	Medidor de flujo	FM-FIT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
40	Valvula reguladora de caudal (finarezo a sistema)	FM-FRIT-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario.

En esta tabla se identifican los actuales puntos críticos del sistema, donde se muestran los registros de los **instrumentos y equipos críticos** que tienen mayor índice de paradas bimestral en el presente año 2017. El sistema de pre - tratamiento (filtración) es indispensable

para el tratamiento de agua, pero al no contar con un plan de mantenimiento preventivo ocasiona paradas no programadas en el sistema.

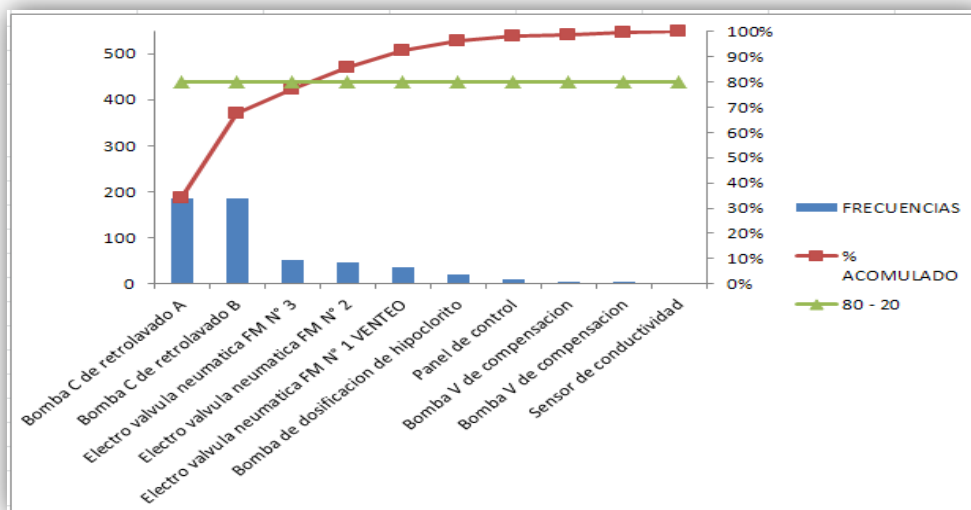
**Tabla 2.** Registro de frecuencia de mayor índice de fallas en el sistema de filtración.

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA						
ITEN	FILTRO MULTIMEDIA	TAG	FRECUENCIAS	% ACOMULADO		80 - 20
1	Bomba C de retrolavado A	FM-BC-001	186	34%	186	80%
2	Bomba C de retrolavado B	FM-BC-002	185	68%	371	80%
3	Electro valvula neumatica FM N° 3	FM-VBA-020	52	77%	423	80%
4	Electro valvula neumatica FM N° 2	FM-VBA-011	47	86%	470	80%
5	Electro valvula neumatica FM N° 1 VENTEO	FM-VBA-001	36	92%	506	80%
6	Bomba de dosificacion de hipoclorito	FM- EDB-001	21	96%	527	80%
7	Panel de control	PN-14037	10	98%	537	80%
8	Bomba V de compensacion	FM-BC-003	5	99%	542	80%
9	Bomba V de compensacion	FM-BC-004	4	100%	546	80%
10	Sensor de conductividad	FM-AT-002	2	100%	548	80%
		TOTAL	548			

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 2 podemos observar la frecuencia por paradas en el sistema de filtración, así mismo el % acumulado de cada equipo específico.

**Figura 1.** Diagrama de Pareto del sistema de filtración



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1, según el diagrama de Pareto los problemas en la planta de agua se resuelven trabajando con el 20% de los eventos detectado y que representan a los mantenimientos no programados a los equipos de la planta de ultra filtración.

**Tabla 3. Registros de instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°01**

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA					PARADAS BIMESTRALES							
ITEM	OSMOSIS INVERSA N° 01	TAG	OP.	STAND BAY	ANTID.	EN.FE	MA/AB	MA.JU	JU.JA	SE.JOC	NO.IDI.	T. PARADAS
1	Panel de control	PN-14036	✓		1	5	1	2	0	1	M.F.	9
2	Bomba v. de alta	ORI-BC-001	✓		1	1	0	1	0	0	M.F.	2
3	Bomba v. de alta	ORI-BC-002	✓		1	0	5	0	1	0	M.F.	6
4	Bomba v. de Lq	ORI-BC-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
5	Bomba de dosificacion de bisulfito de sodio	ORI-EDB-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
6	Bomba de dosificacion de acido clohidrico	ORI-EDB-002	✓		1	35	45	60	62	61	M.F.	263
7	Bomba de dosificacion de antiincrustante	ORI-EDB-003	✓		1	1	0	0	0	0	M.F.	1
8	Sensor de ph	ORI-AIT-001		ENFALLA	1	46	61	61	62	61	M.F.	291
9	Sensor de conductividad	ORI-AIT-002	✓		1	1	1	2	0	0	M.F.	4
10	Sensor de REDOX	ORI-AIT-003	✓		1	3	0	0	0	0	M.F.	3
11	Sensor de temperatura	ORI-AIT-004	✓		1	2	0	0	0	0	M.F.	2
12	Transmisores de presion	ORI-PIT-001	✓		1	1	0	0	0	1	M.F.	2
13	Transmisores de presion	ORI-PIT-002	✓		1	1	2	0	0	0	M.F.	3
14	Transmisores de presion	ORI-PIT-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
15	Transmisores de presion	ORI-PIT-004	✓		1	1	1	0	0	0	M.F.	2
16	Electro valvula neumatica	ORI-VBA-001	✓		1	1	0	0	6	7	M.F.	14
17	Electro valvula neumatica	ORI-VBA-002	✓		1	1	0	0	5	4	M.F.	10
18	Electro valvula neumatica	ORI-VBA-003	✓		1	1	0	3	5	8	M.F.	17
19	Medidor de flujo	ORI-FIT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
20	Medidor de flujo	ORI-FIT-002	✓		1	1	0	0	0	0	M.F.	1
21	Valvula reguladora de caudal (rechazo)	ORI-VBA-003	✓		1	2	1	0	0	0	M.F.	3
22	Housing N° 1 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-001	✓		1	2	1	0	0	1	M.F.	4
23	Housing N° 2 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-002	✓		1	1	0	2	8	6	M.F.	17
24	Housing N° 3 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
25	Housing N° 4 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-004	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
26	Housing N° 5 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-005	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
27	Housing N° 6 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	ORI-VOR-006	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
28	Housing N° 1 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	ORI-VOR-007	✓		1	2	1	1	3	4	M.F.	11
29	Housing N° 2 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	ORI-VOR-008	✓		1	2	3	2	6	3	M.F.	16
30	Housing N° 3 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	ORI-VOR-009	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
31	Housing N° 4 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	ORI-VOR-010	✓		1	5	8	4	8	6	M.F.	31

Fuente: Informe procesado a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la **Tabla 3**, Se muestra los registros de los instrumentos y equipos críticos, que tienen mayor índice de paradas bimestral en el presente año 2017. A la vez se puede agregar que toda esta relación de instrumento y equipos en el módulo del osmosis inversa N°1 ocasiona un tipo de parada no programada.

**Tabla 4.** Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N°1)

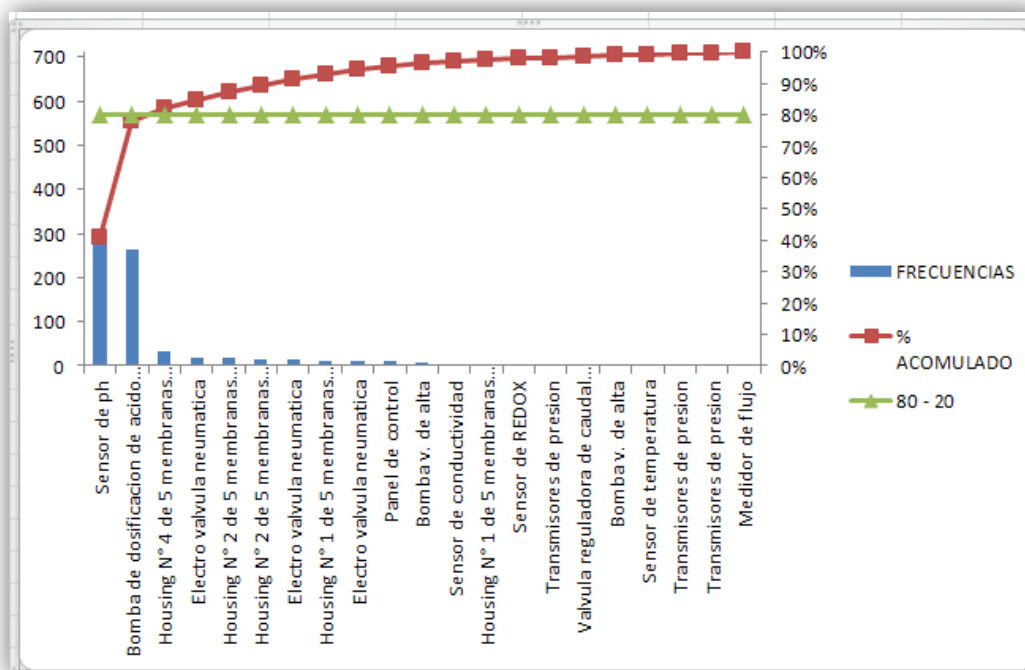
PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA						
ITEN	OSMOSIS INVERSA N° 01	TAG	FRECUENCIAS	% ACOMULADO		80 - 20
1	Sensor de ph	OR1-AIT-001	291	41%	291	0,8
2	Bomba de dosificacion de acido clohidrico	OR1- EDB-002	263	78%	554	0,8
3	Housing N° 4 de 5 membranas SEGUNDA ETA	OR1-VOR-010	31	82%	585	0,8
4	Electro valvula neumatica	OR1-VBA-003	17	85%	602	0,8
5	Housing N° 2 de 5 membranas PRIMERA ETA	OR1-VOR-002	17	87%	619	0,8
6	Housing N° 2 de 5 membranas SEGUNDA ETA	OR1-VOR-008	16	89%	635	0,8
7	Electro valvula neumatica	OR1-VBA-001	14	91%	649	0,8
8	Housing N° 1 de 5 membranas SEGUNDA ETA	OR1-VOR-007	11	93%	660	0,8
9	Electro valvula neumatica	OR1-VBA-002	10	94%	670	0,8
10	Panel de control	PN-14036	9	95%	679	0,8
11	Bomba v. de alta	OR1-BC-002	6	96%	685	0,8
12	Sensor de conductividad	OR1-AIT-002	4	97%	689	0,8
13	Housing N° 1 de 5 membranas PRIMERA ETA	OR1-VOR-001	4	97%	693	0,8
14	Sensor de REDOX	OR1-AIT-003	3	98%	696	0,8
15	Transmisores de presion	OR1-PIT-002	3	98%	699	0,8
16	Valvula reguladora de caudal (rechazo)	OR1-VBA-003	3	99%	702	0,8
17	Bomba v. de alta	OR1-BC-001	2	99%	704	0,8
18	Sensor de temperatura	OR1-AIT-004	2	99%	706	0,8
19	Transmisores de presion	OR1-PIT-001	2	100%	708	0,8
20	Transmisores de presion	OR1-PIT-004	2	100%	710	0,8
21	Medidor de flujo	OR1-FIT-002	1	100%	711	0,8
		TOTAL	711			

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 4, podemos observar la cantidad de frecuencias por paradas en el módulo N°1 del osmosis inversa y así mismo el % acumulado de cada equipo según el índice de fallas.



**Figura 2.** Diagrama de Pareto del módulo del osmosis inversa (OR N<sup>a</sup>1)



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2, podemos identificar que en este Sistema encontramos un mayor índice de paradas (módulo del OR N°01), e igualmente los equipos que tienen mayor índice de frecuencia en eventos suscitados, observando que existe un crecimiento de paradas en el año priorizando la atención a los eventos críticos en el 20% de diferencia, de acuerdo al Diagrama de Pareto.



**Tabla 5.** Registros de instrumentos y equipos críticos del módulo de osmosis inversa N°02

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA						PARADAS BIMESTRALES						
ITEN	OSMOSIS INVERSA N° 02	TAG	OP,	STAND BAY	CANT	EN./FE.	MA/AB.	MA./JU.	JU./AG.	SE./OC.	NO./DI.	T. PARADAS
1	Panel de control	PN 14035	✓		1	1	5	6	8	20	M.F.	40
2	Bomba v. de alta	OR2-BC-001	✓		1	0	3	0	5	0	M.F.	8
3	Bomba v. de alta	OR2-BC-002	✓		1	2	0	3	0	4	M.F.	9
4	Bomba v. de lq	OR2-BC-003	✓		1	0	0	0	1	1	M.F.	2
5	Bomba de dosificacion de hipoclorito	OR2-EDB-001	✓		1	2	1	1	1	3	M.F.	8
6	Bomba de dosificacion de cloruro de calcio	OR2-EDB-002	✓		1	2	3	1	5	4	M.F.	15
7	Bomba de dosificacion de soda caustica	OR2-EDB-003	✓		1	15	13	9	6	2	M.F.	45
8	Sensor de ph	OR2-AIT-001	✓		1	6	8	4	5	3	M.F.	26
9	Sensor de conductividad	OR2-AIT-002	✓		1	2	2	1	12	14	M.F.	31
10	Sensor de conductividad agua potable	OR2-AIT-003	✓		1	0	0	0	0	1	M.F.	1
11	Sensor de temperatura	OR2-AIT-004	✓		1	1	1	1	1	1	M.F.	5
12	Transmisores de presion	OR2-PIT-001	✓		1	0	0	0	1	0	M.F.	1
13	Transmisores de presion	OR2-PIT-002	✓		1	1	0	0	0	0	M.F.	1
14	Transmisores de presion	OR2-PIT-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
15	Transmisores de presion	OR2-PIT-004	✓		1	0	0	0	1	0	M.F.	1
16	Electro valvula neumatica V1	OR2-VBA-001	✓		1	1	1	0	0	0	M.F.	2
17	Electro valvula neumatica llenado a tk de lq	OR2-VBA-002	✓		1	0	0	0	1	1	M.F.	2
18	Electro valvula neumatica	OR2-VBA-003	✓		1	2	0	0	0	0	M.F.	2
19	Medidor de flujo	OR2-FIT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
20	Medidor de flujo	OR2-FIT-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
21	Valvula reguladora de caudal (rechazo)	OR2-VBA-003	✓		1	25	5	2	0	0	M.F.	32
22	Housing N° 1 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	OR2-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
23	Housing N° 2 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	OR2-002	✓		1	0	1	0	0	0	M.F.	1
24	Housing N° 3 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	OR2-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	0
25	Housing N° 4 de 5 membranas PRIMERA ETAPA	OR2-004	✓		1	0	0	1	0	0	M.F.	1
26	Housing N° 5 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	OR2-005	✓		1	0	2	0	0	0	M.F.	2
27	Housing N° 6 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	OR2-006	✓		1	0	0	0	6	0	M.F.	6
28	Housing N° 7 de 5 membranas SEGUNDA ETAPA	OR2-007	✓		1	1	0	0	0	1	M.F.	2

Fuente: Informe procesado a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 5, se muestra los registros de los instrumentos y equipos críticos, que tienen mayor índice de paradas bimestral en el 2017. A la vez podemos agregar que toda esta relación de instrumento y equipos en el módulo del osmosis inversa N° 02 ocasiona un tipo de parada no programada.

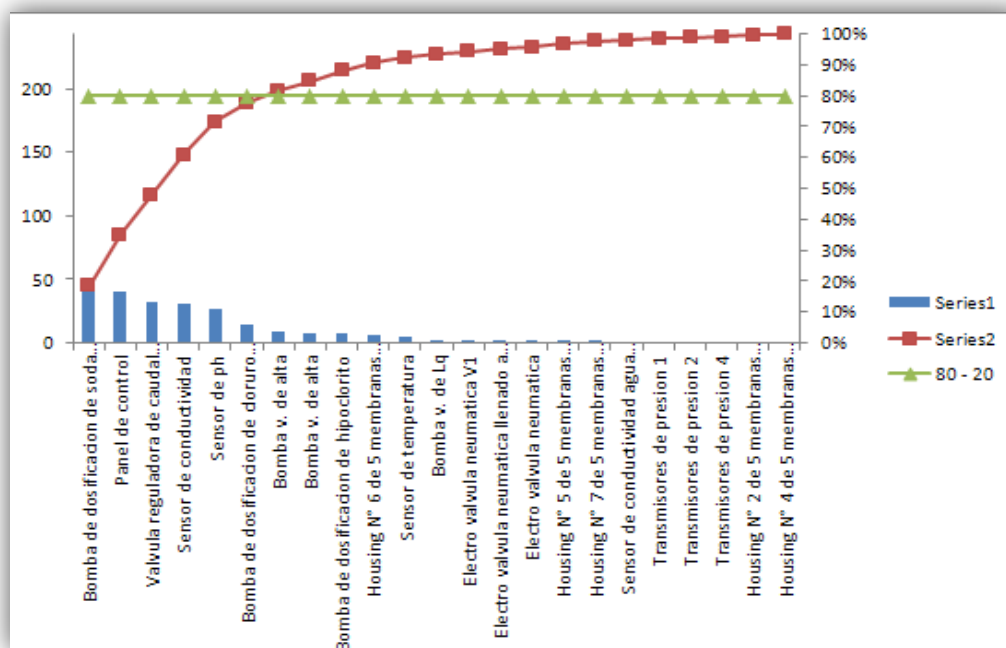
**Tabla 6.** Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el módulo del osmosis inversa (OR N°2)

EQUIPOS CRITICOS DEL SISTEMA						
ITEN	OSMOSIS INVERSA N° 02	TAG	FRECUENCIAS	% ACOMULADO		80 - 20
1	Bomba de dosificacion de soda caustica	OR2-EDB-003	45	19%	45	80%
2	Panel de control	PN 14035	40	35%	85	80%
3	Valvula reguladora de caudal (rechazo)	OR2-VBA-003	32	48%	117	80%
4	Sensor de conductividad	OR2-AIT-002	31	61%	148	80%
5	Sensor de ph	OR2-AIT-001	26	72%	174	80%
6	Bomba de dosificacion de cloruro de calcio	OR2-EDB-002	15	78%	189	80%
7	Bomba v. de alta	OR2-BC-002	9	81%	198	80%
8	Bomba v. de alta	OR2-BC-001	8	85%	206	80%
9	Bomba de dosificacion de hipoclorito	OR2-EDB-001	8	88%	214	80%
10	Housing N° 6 de 5 membranas SEGUNDA ET	OR2-006	6	91%	220	80%
11	Sensor de temperatura	OR2-AIT-004	5	93%	225	80%
12	Bomba v. de Lq	OR2-BC-003	2	93%	227	80%
13	Electro valvula neumatica V1	OR2-VBA-001	2	94%	229	80%
15	Electro valvula neumatica llenado a tk de	OR2-VBA-002	2	95%	231	80%
16	Electro valvula neumatica	OR2-VBA-003	2	96%	233	80%
17	Housing N° 5 de 5 membranas SEGUNDA ET	OR2-005	2	97%	235	80%
18	Housing N° 7 de 5 membranas SEGUNDA ET	OR2-007	2	98%	237	80%
21	Sensor de conductividad agua potable	OR2-AIT-003	1	98%	238	80%
23	Transmisores de presion 1	OR2-PIT-001	1	98%	239	80%
25	Transmisores de presion 2	OR2-PIT-002	1	99%	240	80%
26	Transmisores de presion 4	OR2-PIT-004	1	99%	241	80%
27	Housing N° 2 de 5 membranas PRIMERA ET	OR2-002	1	100%	242	80%
28	Housing N° 4 de 5 membranas PRIMERA ET	OR2-004	1	100%	243	80%
		TOTAL	243			

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 6, podemos observar la cantidad de frecuencias por paradas en el módulo N°2 del osmosis inversa y así mismo el % acumulado de cada equipo según el índice de fallas.

Figura 3. Diagrama de Pareto del módulo del osmosis inversa (OR N°2)



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3, el diagrama de Pareto nos da a conocer, los puntos que debemos tomar con mayor consideración en este caso resolver el 20% de los problemas que se encuentran sobre la línea de color verde.

**Tabla 7.** Registros de instrumentos y equipos críticos, en el sistema de Des-Ionización (EDI).

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA						PARADAS BIMESTRALES						
ITEN	EDI	TAG	OP.	STAND BAY	CANT.	EN./FE.	MA/AB.	MA./JU.	JU./AG.	SE./OC.	NO./DI.	T DE PARADAS
1	Panel de control	PN-14038	✓		1	0	0	0	0	1	M.F.	2
2	Analizador de silice	EDI-	✓		1	0	0	60	62	61	M.F.	184
3	vasos de ionizacion N°	EDI-V-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
4	vasos de ionizacion N°	EDI-V-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
5	vasos de ionizacion N°	EDI-V-003	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
6	vasos de ionizacion N°	EDI-V-004	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
7	vasos de ionizacion N°	EDI-V-005	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
8	vasos de ionizacion N°	EDI-V-006	✓		1	0	0	0	2	2	M.F.	5
9	vasos de ionizacion N°	EDI-V-007	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
10	vasos de ionizacion N°	EDI-V-008	✓		1	0	0	0	0	1	M.F.	2
11	vasos de ionizacion N°	EDI-V-009	✓		1	0	0	0	2	3	M.F.	6
12	vasos de ionizacion N°	EDI-V-010	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
13	vasos de ionizacion N°	EDI-V-011	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
14	vasos de ionizacion N°	EDI-V-012	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
15	vasos de ionizacion N°	EDI-V-013	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
16	vasos de ionizacion N°	EDI-V-014	✓		2	0	0	0	0	0	M.F.	2
17	vasos de ionizacion N°	EDI-V-015	✓		3	0	0	0	0	0	M.F.	3
18	vasos de ionizacion N°	EDI-V-016	✓		4	0	0	0	0	2	M.F.	6
19	Sensor de conductividad	EDI-AT-001	✓		1	0	0	7	0	16	M.F.	24
20	Transmisores de presio	EDI-PIT-001	✓		1	1	0	0	0	0	M.F.	2
21	Transmisores de presio	EDI-PIT-002	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
22	Transmisores de presio	EDI-PIT-003	✓		1	0	0	0	0	1	M.F.	2
23	Transmisores de presio	EDI-PIT-004	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1
24	Electro valvula neumatic	EDI-VBA-001	✓		1	0	1	0	0	0	M.F.	2
25	Electro valvula neumatic	EDI-VBA-002	✓		1	0	0	1	0	0	M.F.	2
26	Electro valvula neumatic	EDI-VBA-003	✓		1	0	0		4	0	M.F.	5
27	Medidor de flujo	EDI-FIT-001	✓		1	0	0	0	0	0	M.F.	1

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 7, se muestra los registros de los instrumentos y equipos críticos, bimestral en el 2017. También podemos agregar que el equipo EDI no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo al ser un equipo exportado de Brasil (PROMINET).

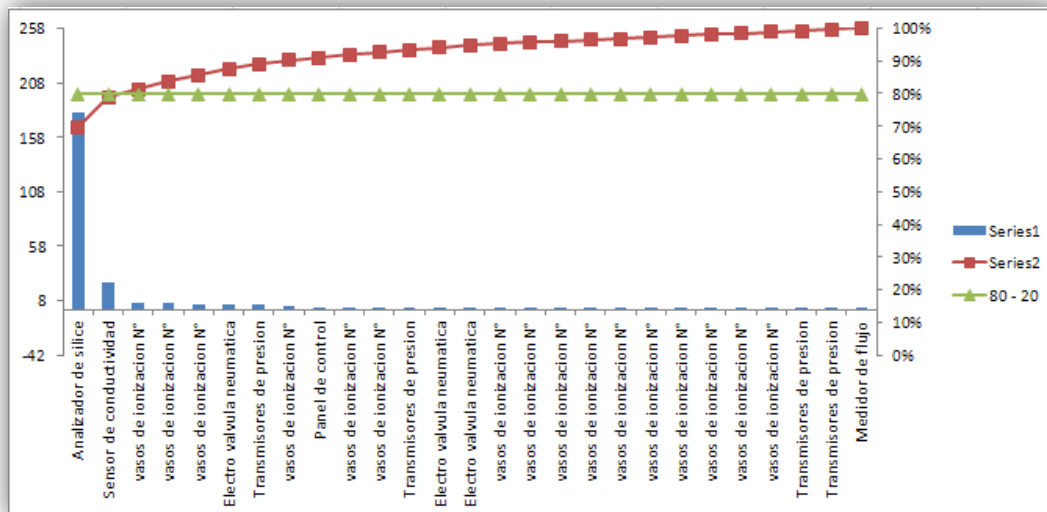
**Tabla 8.** Registro de frecuencia de con mayor índice de fallas en el sistema Des-mineralizador (EDI)

PUNTOS CRITICOS DEL SISTEMA						
ITEN	EDI	TAG	FRECUENCIAS	% ACOMULADO		80 - 20
1	Analizador de silice	EDI-	180	70%	180	0,8
2	Sensor de conductividad	EDI-AT-001	24	79%	204	0,8
3	vasos de ionizacion N°	EDI-V-009	6	81%	210	0,8
4	vasos de ionizacion N°	EDI-V-016	6	84%	216	0,8
5	vasos de ionizacion N°	EDI-V-006	5	86%	221	0,8
6	Electro valvula neumatica	EDI-VBA-003	5	88%	226	0,8
7	Transmisores de presion	EDI-PIT-003	4	89%	230	0,8
8	vasos de ionizacion N°	EDI-V-015	3	90%	233	0,8
9	Panel de control	PN-14038	2	91%	235	0,8
10	vasos de ionizacion N°	EDI-V-008	2	92%	237	0,8
11	vasos de ionizacion N°	EDI-V-014	2	93%	239	0,8
12	Transmisores de presion	EDI-PIT-001	2	93%	241	0,8
13	Electro valvula neumatica	EDI-VBA-001	2	94%	243	0,8
14	Electro valvula neumatica	EDI-VBA-002	2	95%	245	0,8
15	vasos de ionizacion N°	EDI-V-001	1	95%	246	0,8
16	vasos de ionizacion N°	EDI-V-002	1	96%	247	0,8
17	vasos de ionizacion N°	EDI-V-003	1	96%	248	0,8
18	vasos de ionizacion N°	EDI-V-004	1	97%	249	0,8
19	vasos de ionizacion N°	EDI-V-005	1	97%	250	0,8
20	vasos de ionizacion N°	EDI-V-007	1	97%	251	0,8
21	vasos de ionizacion N°	EDI-V-010	1	98%	252	0,8
22	vasos de ionizacion N°	EDI-V-011	1	98%	253	0,8
23	vasos de ionizacion N°	EDI-V-012	1	98%	254	0,8
24	vasos de ionizacion N°	EDI-V-013	1	99%	255	0,8
25	Transmisores de presion	EDI-PIT-002	1	99%	256	0,8
26	Transmisores de presion	EDI-PIT-004	1	100%	257	0,8
27	Medidor de flujo	EDI-FIT-001	1	100%	258	0,8
		TOTAL	258			

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la Tabla 8, podemos observar la cantidad de frecuencias por paradas en el sistema Des-mineralizador y así mismo el % acumulado de cada equipo según el índice de fallas.

Figura 4. Diagrama de Pareto del módulo, del sistema Des-mineralizador (EDI)



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4, la gráfica del cuadro, muestra el objetivo del análisis de Pareto para el equipo EDI, es así que debemos utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de problemas en el estudio presente.

Tabla 9. Comparación de eventos por fallas y mantenimientos correctivos realizados.

Equipos	Fallas de equipos	Mantenimientos correctivos realizados
FILTRO MULTIMEDIA	548	177
OSMOSIS INVERSA N° 01	711	420
OSMOSIS INVERSA N° 02	243	243
EDI	258	87
total	1760	927
		52%

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control Diario

En la tabla 9, El cuadro nos muestra la cantidad de fallas que ha tenido la planta de agua, con cada uno de los equipos, en el sistema de filtración, a la vez se observa la cantidad de los mantenimientos correctivos realizados en planta en los últimos 10 meses. También podemos interpretar que solo se realizado un 52% de los mantenimientos correctivos de dichos elementos.

Respondiendo a la **segunda pregunta de investigación** a continuación **se determinó en qué medida se presenta la baja productividad** de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de la Refinería la Pampilla “REPSOL”:

**Tabla 10.** Producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01.

PRODUCCION DE OSMOSIS INVERSA N°1					
	m3/h	h/dia	mes	Producción / mes m3/h	RECUPERACION DEL SISTEMA
	84				
flujo de producción	60	22	30	39600	71,4%
rechazo de producción	24	22	30	15840	
total de flujo				55440	

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 10, Se muestra la producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis inversa N° 01 y observamos que el flujo inicial, respecto a la planta de ultra filtración con una recuperación por equipo del sistema al 71.4%.

**Tabla 11.** Producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02.

PRODUCCION DE OSMOSIS INVERSA N°2					
	m3/h	h/dia	mes	Producción / mes m3/h	RECUPERACION DEL SISTEMA
	40				
flujo de producción	33	22	30	21780	82,5%
rechazo de producción	7	22	30	4620	
total de flujo				26400	

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 11, Se muestra la producción de agua ultra filtrada del equipo Osmosis inversa N° 02 y observamos que el flujo inicial, respecto a la planta de ultra filtración con una recuperación por equipo del sistema al 82,5%



**Tabla 12.** Producción de agua ultra filtrada del equipo EDI.

PRODUCCION DE EDI				
	m3/h	h/dia	mes	Producción / mes m3/h
flujo de producción	30	22	30	19800
rechazo de producción	8,5	22	30	5610
total de flujo	38,5			25410

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 12, Se muestra la producción total por mes de 19,800 m<sup>3</sup> de agua ultra pura o agua desmineralizada del equipo EDI, el cual es dirigida a la planta de hidrogeno, a la vez podemos observar un flujo mensual de rechazo de 5,610 m<sup>3</sup>. Esta agua no se usa para ningún proceso y es enviada al drenaje.

**Tabla 13.** Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 01

PRODUCCION DE OSMOSIS INVERSA N°1 ACTUAL					
	m3/h	h/dia	mes	Producción / mes m3/h	RECUPERACION DEL SISTEMA
	84				
flujo de producción	55	22	30	36300	65,5%
rechazo de producción	29	22	30	19140	
total de flujo				55440	

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 13, En este punto podemos evidenciar la pérdida de flujo en un 5% con respecto a la producción de agua ultra filtrada, y la eficiencia del equipo que ha bajado considerablemente y a la vez reduciendo el proceso de producción debido al mantenimiento correctivo no programado.



**Tabla 14.** Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo Osmosis Inversa N° 02

PRODUCCION DE OSMOSIS INVERSA N°2 ACTUAL					
	m3/h	h/día	mes	Producción / mes m3/h	RECUPERACION DEL SISTEMA
	40				
flujo de producción	28	22	30	18480	70,0%
rechazo de producción	12	22	30	7920	
total de flujo				26400	

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 14, se muestra la producción mensual de agua filtrada del equipo Osmosis inversa N° 02 (segundo paso) a la vez se observamos que el flujo actual con respecto al inicial es de 18,480 m3 con una recuperación sistema menor al inicial de 70%.

**Tabla 15.** Producción actual en la operación de agua ultra filtrada del equipo EDI.

PRODUCCION DE EDI ACTUAL				
	m3/h	h/día	mes	Produccion / mes m3/h
flujo de produccion	28	22	30	18480
rechazo de produccion	8,5	22	30	5610
total de fujo	36,5			24090

Fuente: Elaboración propia a partir del reporte del Formato de Control mensual.

En la Tabla 15, Se muestra la producción total por mes de 18,480 m3 de agua ultra pura o agua desmineralizada del equipo EDI, el cual es dirigida a la planta de hidrogeno, a la vez podemos observar un flujo mensual de rechazo de 5,610 m3. Esta agua no se usa para ningún proceso y es enviada al drenaje.

**Tabla 16.** *Reducción de la producción de agua ultra pura*

Or N°1	el 5% de 84 m <sup>3</sup> viene a se 0,42
Or N°2	el 5% de 40 m <sup>3</sup> viene a se 0,2

Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la Tabla 16. Esta tabla muestra la reducción en un 5% de agua de permeado (filtrada) con respecto a la producción inicial del módulo N° 01 y 02 del equipo osmosis inversa.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIÓN

En el presente estudio se identificaron y describieron cómo se presentan las deficiencias de mantenimiento de equipos en el tratamiento de aguas, las mismas que presentan un impacto negativo en la producción de la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería en el año 2017. Si bien es cierto que se encontraron algunas limitaciones como el poco acceso a la información técnica y operacional de la empresa por políticas de privacidad y reserva de información institucional, fue superado a través de la aplicación de técnicas de observación directa y el análisis documental de campo y laboratorio, por lo que la recopilación de la información determinó mayor esfuerzo y tiempo para lograr los resultados. También se pudo contar con información empírica directa a través de los operadores de producción y el personal de mantenimiento quienes formaron parte del recojo de datos en el proceso de observación sistemática.

Por otro lado, podemos afirmar que existe una importante validez y confiabilidad interna debido al uso de técnicas de recojo de información confiables que a partir de datos operativos de campo nos describieron las deficiencias de producción en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, sin embargo en el desarrollo del trabajo de campo no se logró el cruce de información con expertos internos y externos que hubiese sido importante para fortalecer este trabajo. A pesar de ello consideramos que estos resultados se constituyen en una fuente de información válida para la toma de decisiones y futuras propuestas de solución para la misma empresa, también servirá de guía para el análisis y estudios en otras empresas con características y/o rubros similares.

En relación a la contrastación con resultados de estudios anteriores tomamos en cuenta dos estudios similares e importantes que guiaron y validaron este trabajo, estas son las tesis de Baldeón, C. (2016) y Abaurre R. (2016) que después del análisis comparativo con los hallazgos de la presente investigación, encontramos que de manera similar los mantenimientos correctivos, paradas no programadas, fallas en equipos, etc., también fueron los puntos críticos de la empresa Industrial FIBRAFORTE. S.A. e igualmente este estudio también está relacionado con el tratamiento de agua, lo cual establece una importante similitud sobre la problemática descrita, pero la diferencia radica que en el caso de la empresa FIBRAFORTE si se implementó un sistema de tratamiento de agua, finalmente el objetivo de ambos estudios es mejorar el proceso productivo y los mantenimientos no planificados.

Respecto a la tesis presentada por Abaurre R. (2016) sobre el “Estudio de la Gestión de Paradas de Planta”. Gestión Integral de la Parada Mayor del Turbogenerador de una Planta de

Ciclo Combinado, particularmente se asemeja de una forma indirecta a los problemas suscitados en planta de ultra filtración por las paradas no programadas, mantenimientos no realizados etc. el objetivo principal de ambos estudios está centrado en describir las fallas de la producción y los mantenimientos de los equipos en la planta de ultra filtración de agua, así mismo se pudo establecer los puntos de control de operación, que son parte fundamental en estos procesos de producción, además contribuyó en el análisis y determinación de fallas.

Las **implicancias prácticas** a corto plazo, es que esta descripción detallada y consistente de los problemas de falla de los equipos y la baja productividad permitirá la toma de decisiones por parte de la empresa a efectos de implementar un sistema de mantenimientos preventivos y correctivos para corregir y reducir los efectos negativos identificados en el proceso de producción de la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería en el año 2017. En consecuencia los siguientes **procesos de investigación nos conllevarán a una propuesta de investigación de tipo aplicada** a efectos de implementar los sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo.

#### 4.2. CONCLUSIONES

- 1) Como resultado del presente estudio, después del análisis y procesamiento de la información, se llegó a una primera conclusión que si existen deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento expresados en paradas de máquina y en la no ejecución de mantenimiento correctivo y preventivos, así mismo se pudo comprobar una baja en la productividad durante el presente año 2017 en la Planta de Ultrafiltración de Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.
- 2) El impacto de las deficiencias del mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua de Osmosis Inversa se expresa en un 48% de mantenimientos correctivos no realizados además de la ausencia de mantenimientos preventivos.
- 3) El impacto de las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería, se expresa en la cantidad de fallas que ha tenido la planta por cada uno de los equipos, llegando a comprobar que la cantidad de los mantenimientos correctivos realizados en los últimos 10 meses alcanzan solo a un 52% de los mantenimientos correctivos requeridos como resultado de las paradas no programadas, por lo tanto concluimos que existe un 48% no ejecutadas a pesar del requerimiento, además de la ausencia de un mantenimiento preventivo.

- 4) Por otro lado, también se pudo evidenciar que existe una pérdida de flujo en un 5% con respecto a la producción de agua ultra filtrada, y la eficiencia del equipo que ha bajado considerablemente y a la vez reduciendo el proceso de producción en la Planta de Ultrafiltración de Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería en lo que va del año 2017.
  
- 5) Finalmente, podemos afirmar que si existen deficiencias en el mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y reducción en la productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, en el año 2017. Ante lo cual recomendamos a la empresa tomar las medidas correctivas, principalmente ante los mantenimientos no programados por paradas de máquina con la finalidad de garantizar la productividad de la empresa.

## REFERENCIAS

- Abaurre Delgado, Ricardo (2016). *Estudio de la Gestión de Paradas de Planta. Gestión Integral de la Parada Mayor del Turbogenerador de una Planta de Ciclo Combinado*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla – España.
- Argote Lazón, L. (2015) *Impacto de las inversiones en la actividad de generación eléctrica para el desarrollo socio económico del país*. Lima- Perú. USMP.
- Baldeón León, Carlos Enrique. (2016). *Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la Empresa industria FIBRA FORTE*. SA. Lima- Perú UPN.
- Castro, Santiago Jesús Calero, Gonzále, Elvira Maeso, & Canto, Salvador Pérez. (2001). *Metodología de Implantación o de mejora de un Sistema de Gestión de Mantenimientos*. In IV Congreso de Ingeniería de Organización. Universidad de Málaga – España.
- Correa Jiménez, María Angélica, Moreno Ome, Rafael Alberto & Vargas Rodríguez, Fabián Mauricio (2015). *Diseño y elaboración de un protocolo en gerencia de proyectos para el mantenimiento de paradas de planta en la refinerías en Colombia por la empresa Mecánica Asociados SAS*. Bogotá - Colombia.
- De León, Félix Cesáreo Gómez. Edición (1998) *Tecnología del mantenimiento industrial*. Universidad de Murcia – España.
- Fajardo Martínez Carlos Eduardo (1995). *Del concepto de productividad en el management clásico al concepto de eficacia en el management contemporáneo*. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, (Nº 6), Paginas 66-79. Bogotá – Colombia.
- Leal Gómez, Claudia Lisseth & Vargas Rodríguez, Gerson (2017). *Diseño de una guía que permita mejorar el proceso de gestión y planificación en los proyectos de paradas de planta en el CPF Cupiagua aplicando los fundamentos del PMBOOK*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Administrativas Contables, Económicas y de Negocios. Yopal – Colombia.
- Martín Álvarez, Naivi C. & Mayo Abad, Orestes. (2013). *Calificación del desempeño de un sistema para la producción de agua purificada de la planta de producción de parenterales*. *Tecnología Química*, La Habana - Cuba 33(2), 207-220.

- Molina Sigcho, Víctor Emilio (2009). Confiabilidad operacional una solución de mejora para centros de automatización & control de plantas industriales de cemento. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- Prokopenko, Joseph (1989). *La gestión de la productividad*. Oficina Internacional del Trabajo. Libro Primera Edición. Ginebra – Suiza
- Ramírez, Jaime. (2010). Tesis *Desarrollo del cuadro de mando integral para la unidad de mantenimiento de plantas de tratamiento de la EMAAP-Q*. Quito - Ecuador.
- Suzuki, Tokutaro. (2017). *TPM en industrias de proceso*. Routledge. Libro versión en español de TGP Hoshin, Marqués de Cubas. Madrid – España.
- Tello Preciado, Jessica Catherine & Gutiérrez Aredo, Edwin Franklin (2015). *Diagnóstico organizacional de la función de producción para realizar un plan de mejora en la productividad y seguridad industrial de la Planta Industrial en la Empresa L&S Nassi SAC*. Universidad UPAO Trujillo – Perú.
- Ventura Zegarra Manuel Enrique (2016). *Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados*. *Ciencia y Desarrollo*, Volumen 18(1), Páginas 57-67. Revista de La Universidad Alas Peruanas Lima- Perú.
- Villa Quimbiurco Eduardo Miguel & Díaz Cajas, Christian Santiago. (2008). *Automatización del análisis de modos de falla y efectos FMEA en la ingeniería de mantenimiento aplicado para la industria ecuatoriana*. Escuela Politécnica Nacional (QUITO - ECUADOR).

## ANEXOS

### Anexo 1

Imágenes de los equipos de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.

#### 1. SISTEMA DE FILTRACIÓN

**Figura 1.** Bomba de retro lavado y compensación.



**Nota,** Se encuentra ubicado en planta de tratamiento de agua.



**Figura 2.** Electroválvula neumática.



**Nota,** Se encuentra ubicado en sistema de filtración.

**Figura 3.** Tablero de control de sistema de filtración.



**Nota,** Se encuentra ubicado en sistema de filtración.

**Figura 4.** Tanques de filtración.



**Nota,** Se encuentra ubicado en sistema de filtración.

**Figura 5.** Sensor de conductividad y turbidez



**Nota,** Se encuentra ubicado en sistema de filtración.

**Figura 6.** Bomba de retro lavado y compensación



**Nota,** Se encuentra ubicado en sistema de filtración.

## 2. SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA MODULO N° 1

**Figura 7.** Tablero de control de Osmosis N° 1.



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 01)

**Figura 8.** Bombas de Alta de OR N° 1.



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 01)

**Figura 9.** Housing Bombas de Alta OR N° 01



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 01)



**Figura 10.** Módulo de OR N° 01



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua (OR N° 01)

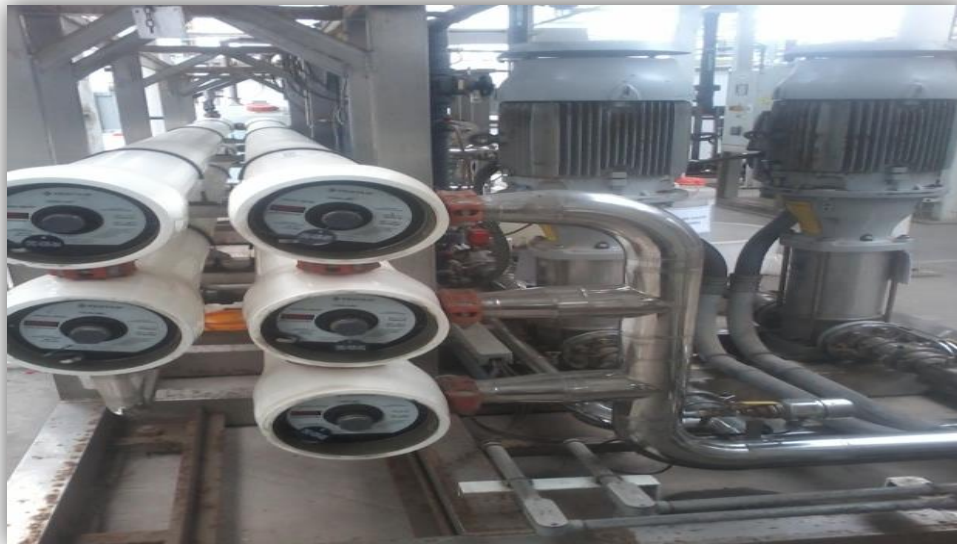
### 3. SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA MODULO N° 02

**Figura 11.** Módulo de OR N° 02



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua (OR N° 02)

**Figura 12.** Housing Bombas de Alta OR N° 02



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 02)

**Figura 13.** Lámparas Ultra Violeta



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 02)

**Figura 14.** Sensores de conductividad, temperatura, PH, flujometro y transmisor depresión



**Nota,** se encuentra ubicado en el módulo del Osmosis Inversa (OR N° 02)

#### 4. SISTEMA DE DES - IONIZACIÓN EDI

**Figura 15.** Módulo De Desmineralización



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua, Sistema de Des-ionización (EDI)



**Figura 16.** Analizador de Sílice y sensor de conductividad



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua, Sistema de Des-ionización (EDI)

**Figura 17.** Analizador de Sílice y sensor de conductividad, PH, temperatura, transmisor de presión



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua, Sistema de Des-ionización (EDI)



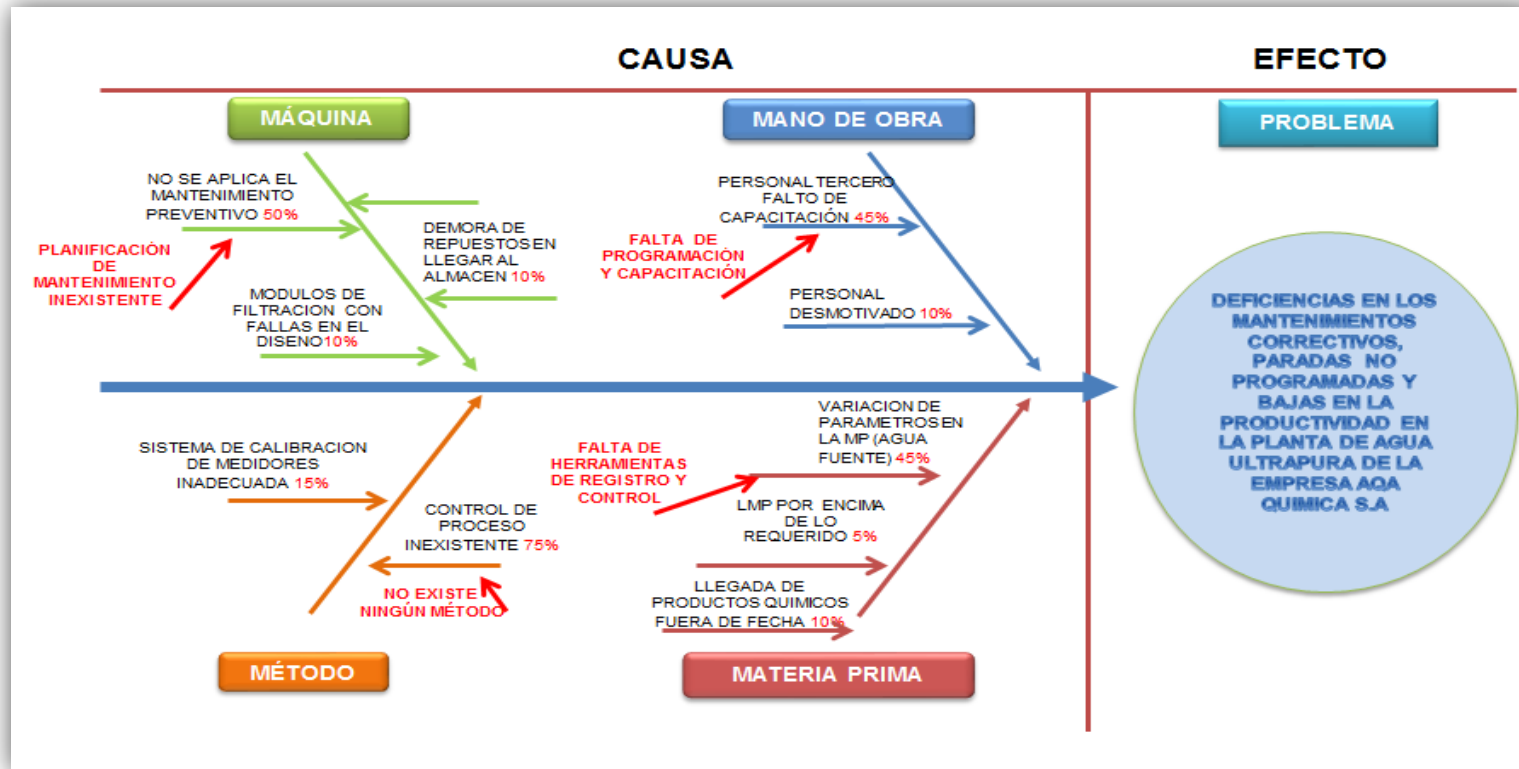
**Figura 18.** Bombas de Dosificación de Productos Químicos.



**Nota,** se encuentra ubicado en la planta de agua, Sistema de Des-ionización (EDI)

## ANEXOS

**Anexo 1  
DIAGRAMA ISHIKAWA**



## Anexo 2

### Matriz de consistencia

TITULO: Deficiencias en el proceso productivo de la planta de agua de ultrafiltración por osmosis inversa en la refinería La Pampilla REPSOL, en el año 2017.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	METODOLOGÍA	RESULTADOS / DESCRIPCIÓN
¿Existen deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y baja productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, en el año 2017?	Conocer en qué medida se presentan las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas y baja productividad en la Planta de Agua Osmosis Inversa del área de operaciones de una Refinería, en el año 2017.	<p><b>Investigación descriptiva:</b></p> <p>Describen de las deficiencias en el mantenimiento de equipos de tratamiento de agua, generando un diagnóstico confiable para estudios posteriores de mayor amplitud (Hurtado, 2002). Investigación de campo ya que se utilizaron datos primarios obtenidos directamente de la realidad (Caballero, 2000)</p> <p><b>Población</b></p> <p>Deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua Osmosis Inversa.</p> <p><b>Muestra</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en el sistema de filtración.</li> <li>• Instrumentos y equipos críticos en el sistema de filtración (pre- tratamiento) y en los módulos de osmosis inversa N° 1 y 2.</li> <li>• Instrumentos y equipos críticos en el sistema de Des-Ionización (EDI)</li> <li>• Fallas en el sistema Des-mineralizador (EDI).</li> <li>• Fallas y mantenimientos correctivos realizados.</li> <li>• Pérdida de flujo en un 5% con respecto a la</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo se presentan las deficiencias en el mantenimiento de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería?</li> <li>• ¿En qué medida se presenta la baja productividad de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar cómo se presenta el impacto de las deficiencias de mantenimiento de equipos de tratamiento de aguas de la Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.</li> <li>• Determinar en qué % se presenta la reducción de la producción en la</li> </ul>		

de operaciones de una Refinería?	Planta de agua Osmosis Inversa, en el área de operaciones de una Refinería.	Deficiencias en los equipos de tratamiento de la Planta de agua Osmosis Inversa, correspondiente a los últimos 8 meses del año 2017.	producción de agua ultra filtrada.
----------------------------------	---	--	------------------------------------