

**OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS REPUESTOS DE LOS
CALENTADORES DE CRUDO EN LA BODEGA DEL CAMPO CASTILLA -
CHICHIMENE DE ECOPETROL S.A**

**LUZ KARIME ESCALANTE MENDOZA
LIBARDO ANTONIO VELASCO ESCALANTE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO – MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2013

**OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS REPUESTOS DE LOS
CALENTADORES DE CRUDO EN LA BODEGA DEL CAMPO
CASTILLA - CHICHIMENE DE ECOPETROL S.A**

**LUZ KARIME ESCALANTE MENDOZA
LIBARDO ANTONIO VELASCO ESCALANTE**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**DIRECTOR: LUIS LIBARDO ALCIDES MARQUEZ VEGA
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme obtener un nuevo logro en mi vida Profesional.

A mi esposo, a mi hija Isabella y a mi querida familia por su gran apoyo durante el desarrollo de la especialización.

Luz Karime Mendoza

A Dios por darme la sabiduría y la fuerza, para vencer los obstáculos y así lograr, Satisfactoriamente lo que me he propuesto.

A mi familia por darme El apoyo en todos los momentos de mi vida, Por ser más que mi familia, ser mis amigos y confidentes

Libardo Antonio Velasco Escalante

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL:	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	19
2. MARCO CONCEPTUAL	20
2.1 ECOPETROL S.A	20
2.2 SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CASTILLA- CHICHIMENE	20
2.3 INVENTARIOS	22
2.3.1 Políticas de control de inventarios:	22
2.3.2 Planeación, reposición y optimización de inventarios de acuerdo a la política de Ecopetrol S.A	25
2.3.3 Sistema De Clasificación De Inventarios ABC	26
2.3.4 Distribución Binomial	27
2.3.5 Distribución de POISSON.	29
2.3.6 Equipos Criticos.	31
2.4 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA DESHIDRATACIÓN DE CRUDOS	32
2.4.1 Separadores Gravitacionales.	32
2.4.2 Calentadores	32
2.4.3 Coalescedores Electrostáticos.	34
3. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS CRÍTICOS PARA LOS CALENTADORES DE CRUDO	36
3.1 Análisis de criticidad - Método ABC.	40
3.1.1 Análisis de Criticidad – Método XYZ.	46

4. IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE PUNTO DE REORDEN.....	50
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFIA.....	59
ANEXOS	61

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1: Uibación Geografica Superintendencia Castilla - Chichimene	21
Imagen 2: Vista area de laEstación Chichmene	21
Imagen 3: Representación gráfica de los Sistemas de Reaprovisionamiento de inventarios.....	24
Imagen 4: Analisis ABC	27
Imagen 5: Calentador de Crudo.....	35
Imagen 6: Fotografia de los calandores de crudo - Estación Chichimene	36
Imagen 7: Analisis ABC para los repuestos de los calentadores de crudo	45
Imagen 8: Analisis XYZ para los repuestos de los calentadores de crudo	49

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Función de Probabilidad de la distribución Binomial	28
Ecuación 2: Esperanza de la distribución Binomial.....	28
Ecuación 3: Varianza de la distribución Binomial.....	28
Ecuación 4: Función de Probabilidad de la distribución Poisson	30
Ecuación 5: Función de Probabilidad de la distribución Poisson.	30
Ecuación 6: Esperanza de la distribución Poisson.....	30
Ecuación 7: Varianza de la distribución Poisson.....	30
Ecuación 8: Perdida Producción.....	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Relación de los instrumentos de un calentador de crudo.....	36
Tabla 2: Partes y/o Repuestos de los calentadores de crudo	37
Tabla 3 Partes y/o Repuestos con precios unitarios	41
Tabla 4: Partes y Repuestos con análisis ABC.....	43
Tabla 5 Partes y/o Repuestos con análisis XYZ	47
Tabla 6 Correlacion Distribución Binomial – Distribución Poisson.....	56
Tabla 7 Correlacion Distribución Binomial – Distribución Poisson.....	57

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plot Plan Estación Chichimene.....	61
--	-----------

GLOSARIO

ANS: Acuerdo de Nivel de Servicios

BSW: “Basic Sediment and Water”, Sedimento básico y agua (BS & W) es una especificación técnica de ciertas impurezas en el aceite crudo. Cuando se extrae de un depósito de aceite, el aceite crudo contendrá una cierta cantidad de agua y sólidos en suspensión a partir de la formación de depósito. El material particulado se conoce como sedimento o lodo. El contenido de agua puede variar mucho de un campo a otro, y puede estar presente en grandes cantidades en los campos más antiguos, o si la extracción de petróleo se ha mejorado mediante la inyección de agua de tecnología. La mayor parte del agua y el sedimento se separa generalmente en el campo para minimizar la cantidad que necesita ser transportado más allá. El contenido residual de estas impurezas no deseadas se mide como BS & W

CST= Crudo que se deja de tratar, unidad Barriles (Bl)

ECP: Ecopetrol S.A.

GRAVEDAD API: La gravedad API, o grados API, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que, en comparación con el agua, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo. Si son superiores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en ésta. La gravedad API se usa también para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo. Por ejemplo, si una fracción de este aceite flota en otra, denota que es más liviana, y por lo tanto su grado API es mayor. Matemáticamente la gravedad API carece de unidades. Sin embargo, siempre al número se le aplica la denominación grados API. La gravedad API se mide con un instrumento denominado densímetro.

NAFTA: Llamado el éter de petróleo, también conocido como bencina, nafta VM & P, nafta de petróleo, nafta ASTM o ligroína, es una mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos, y no a la serie de los éteres como erróneamente indica su nombre. Se emplea principalmente como disolvente no polar.

SCC: Superintendencia de Operaciones Castilla - Chichimene

% NF = Porcentaje de Nafta requerido para llevar el crudo a 12° API y 0,5% BSW

TRM = Tasa representativa del mercado que se requiere para comprar un Dólar \$ USD

VNF = Valor de un Barril de Nafta

RESUMEN

OPTIMIZACIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS REPUESTOS DE LOS CALENTADORES DE CRUDO EN LA BODEGA DEL CAMPO CASTILLA CHICHIMENE DE ECOPETROL S.A**

Autores: Luz Karime Escalante Mendoza y Libardo Antonio Velasco Escalante**

Palabras clave: Inventarios, Repuestos, Mantenimiento, Optimización, Priorización, Clasificación..

La priorización de los inventarios necesarios para cumplir con las labores de mantenimiento, es imprescindible cuando se trata de desarrollar acciones que conduzcan a optimizar su gestión, es decir, definir las políticas de inventarios adecuadas para las distintas categorías de materiales en función de su tasa de utilización, tiempo de entrega, precio y nivel de servicio requerido. Generalmente, se clasifica a los materiales según su valor de uso, aplicando la técnica ABC o según su valor en existencias aplicando la técnica XYZ, con la finalidad de analizar los materiales que pertenecen a las categorías de mayor valor y posteriormente se considera su criticidad de acuerdo a la importancia que tienen para garantizar la continuidad de las operaciones. El método propuesto se fundamenta en definir tres categorías (A, B, C) para asignar la criticidad del repuesto de acuerdo del lucro cesante en caso de rotura de stock. Simultáneamente se definen tres categorías (X, Y, Z) para asignar el valor de acuerdo al precio unitario y la cantidad en existencia. Finalmente, combinando ambas clasificaciones, todos los ítems quedarán designados con un código de dos caracteres (AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZ) que indicará la prioridad que tendrá cada artículo para ser analizado individualmente y de esta manera obtener resultados significativos en el corto plazo en cuanto a reducción de costos y minimizar la inversión necesaria en inventarios.

* Proyecto de grado

**Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de mantenimiento.
Director: Msc. Ing. Luis Libardo Alcides Marquez Vega

ABSTRACT

INVENTORY OPTIMIZATION FOR PARTS OF OIL HEATING IN THE MATERIALS WAREHOUSE THE FIELD CASTILLA CHICHIMENE OF ECOPETROL S.A.*

AUTHOR: Luz Karime Escalante Mendoza y Libardo Antonio Velasco Escalante**

Key words: Inventories, Stocks, Spares, Maintenance, Optimization, Prioritization, Classification

The prioritization of inventory needed to meet maintenance is essential when it comes to developing actions aimed at optimizing its management, this is, defining inventories appropriate policies for different categories of materials based on their rate use, delivery time, price and service level. Generally, materials are classified according to their value in use, using the ABC technique or by value in stock applying the technique XYZ, in order to analyze the materials that belong to the categories of higher value and subsequently considers criticality of according to the importance to ensure continuity of operations. The proposed method is based on defining three categories (A, B, C) to assign spares criticality of lost profits based upon rupture of stock. Simultaneously defines three categories (X, Y, Z) to assign the value according to the unit price and the quantity on hand. Finally, combining both classifications, all items will be designated with a two-character code (AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZ) indicating the priority that each item will have to be analyzed individually and thus get significant results in the short term in terms of cost reduction and minimizing the necessary investment in inventories.

*Monograph

** School of Mechanical Physical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Msc. Eng. Luis Libardo Alcides Marquez Vega

INTRODUCCIÓN

En toda organización industrial se mantiene en existencia una gran cantidad de materiales para tratar de cumplir a cabalidad con el mantenimiento de sus activos. Esto implica, necesariamente, una importante inversión financiera que en la mayoría de los casos es superior a los niveles óptimos. Algunas estadísticas revelan que los niveles de inventario en muchas fábricas en el mundo entero exceden entre el 20 % y el 50 % de las necesidades reales de la planta (Moncrief, 2006).

En un almacén típico de materiales para mantenimiento cerca del 10 % de los materiales representan alrededor del 90 % del valor total de los inventarios (Moncrief, 2006), además no todos los artículos tienen la misma criticidad, por esto la importancia de clasificar los materiales, para que los recursos aplicados en reducir la inversión total en inventarios sin afectar el nivel de servicio, sean dirigidos a aquellos ítems que tienen mayor impacto financiero y de esta manera obtener los resultados en el menor tiempo posible.

Otro aspecto importante es que la gestión de inventarios de materiales para mantenimiento resulta más compleja que la gestión de inventarios de materiales convencionales tales como las materias primas, productos en proceso y productos terminados (Slater, 2007).

Esta complejidad se debe a tres razones fundamentales:

- La variedad de la criticidad.
- La gran diferencia de precios.
- La gran variedad de artículos.

En el almacén de mantenimiento encontramos materiales cuya indisponibilidad representa un riesgo económico extremadamente elevado, estos son los materiales de alta criticidad. De la misma manera encontramos los de baja criticidad cuya indisponibilidad no tiene ninguna repercusión sobre la continuidad de las operaciones.

En cuanto a precios ocurre algo similar, existen repuestos cuyo precio puede superar varios millones de pesos y en el otro extremo repuestos cuyo precio puede ser realmente insignificante.

Por su parte, la variedad en todos los casos es demasiado grande. Es típico que en una pequeña empresa exista entre 2.000 y 5.000 ítems diferentes así como en una empresa grande podamos encontrar alrededor de 30.000 ítems diferentes.

Por las razones descritas anteriormente, en la gran mayoría de las empresas se presenta una problemática asociada con la gestión de inventarios para mantenimiento que se manifiesta en exceso de inventarios, elevados niveles de obsolescencia y desperdicio. La consecuencia directa es grandes pérdidas económicas para la organización.

En muchas organizaciones es evidente la necesidad de emprender un programa para la OPTIMIZACIÓN de sus inventarios y cualquier intento para lograr este objetivo debe comenzar por clasificar los materiales de acuerdo a su criticidad y valor para establecer prioridades en cuanto a los esfuerzos dedicados a la determinación de los parámetros y políticas de inventarios para los distintos materiales existentes en el almacén.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL:

Establecer mecanismos para determinar y asegurar los niveles de inventarios para los repuestos para los calentadores de crudo en la bodega del Campo Castilla - Chichimene de Ecopetrol S.A.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Aplicar técnicas para el manejo de materiales y/o repuestos.
- Identificar y clasificar lo repuestos críticos empleados en los mantenimientos
- Preventivos y correctivos de los calentadores de crudo mediante la metodología ABC y XYZ que permitan reducir el valor de los inventarios en bodega.

- Determinar mediante el método de Poisson los niveles de rotación de inventarios adecuados para garantizar una disponibilidad y confiabilidad superior al 95% en los calentadores de crudo.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 ECOPETROL S.A

Ecopetrol S.A. es una de las empresas más grandes del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo y es una de las cinco principales de Latinoamérica.

Ecopetrol S.A Cuenta con Campos de extracción de Hidrocarburos en el Centro, sur, oriente y norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustible y crudos en ambas costas y una Red de Transporte de 8.124 Km de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

Tenemos a disposición de nuestros socios el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), considerado el más completo centro de investigación y laboratorio científico de su género en el país, donde reposa el acervo geológico de un siglo de historia petrolera de Colombia.

2.2 SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES CASTILLA-CHICHIMENE

El campo Castilla – Chichimene se encuentra ubicado entre los municipio de Acacias y Castilla la Nueva, en el Departamento del Meta y hace parte de la Gerencia Llanos de Ecopetrol S.A.. Localizado entre las coordenadas (1.043.00 E, 926.000 N) y (1.045.500 E, 929.000 N) y conformado por las estaciones Castilla I, Castilla II, Acacias y Chichimene.

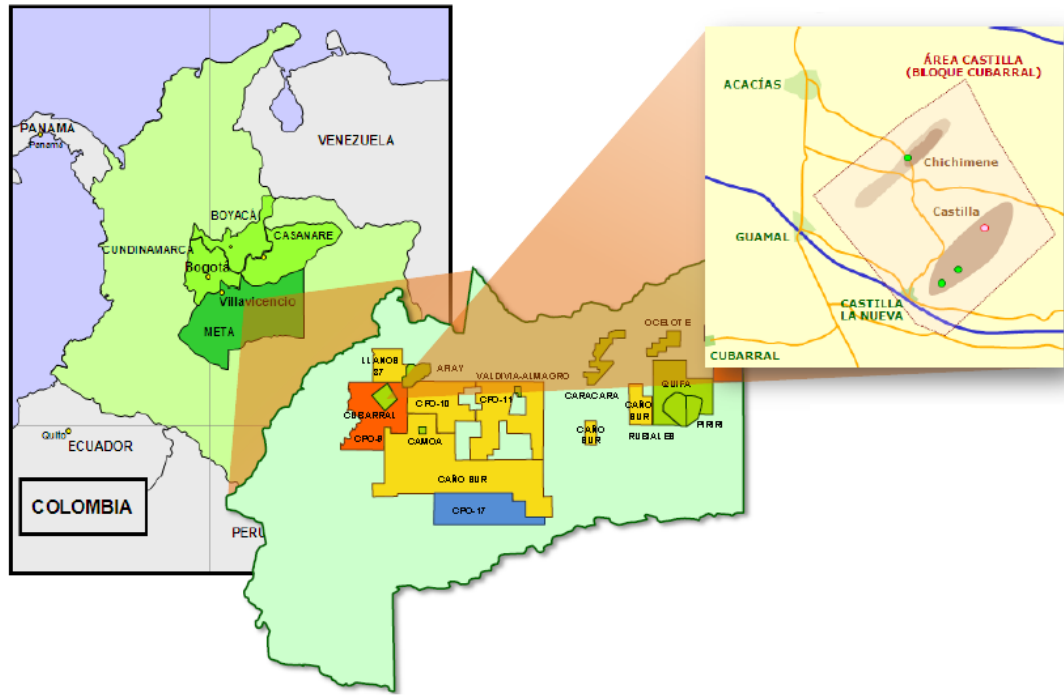


Imagen 1: Ubicación Geográfica Superintendencia Castilla - Chichimene



Imagen 2: Vista area de la Estación Chichimene

2.3 INVENTARIOS

Los Inventarios son bienes tangibles que se tienen para la venta en el curso ordinario del negocio o para ser consumidos en la producción de bienes o servicios para su posterior comercialización. Los inventarios comprenden además de las materias primas productos en Proceso, productos terminados, mercancías para la venta, materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios, empaques y envases y los inventarios en tránsito.

Estos constituyen las partidas del activo corriente que están listas para la venta, es decir, toda aquella mercancía que posee una empresa en el almacén valorada al costo de adquisición, para la venta o actividades Productivas.

El objetivo de la administración de Inventarios, igual que en la administración de efectivos tiene dos aspectos que se contraponen por una parte, se requiere minimizar la inversión del inventario, puesto que los recursos que no se destinan a ese fin se pueden invertir en otros proyectos aceptables de otro modo no se podría financiar por otra, hay que asegurarse de que la empresa cuente con inventarios suficientes para hacer frente a la demanda cuando se presente y para que las operaciones de producción y ventas funciones sin obstáculos, como se ve los dos aspectos del objeto son conflictivos.

Reduciendo el inventario se minimiza la inversión, pero se corre el riesgo de no poder satisfacer la demanda de obstaculizar las operaciones de la empresa. Si se tienen grandes cantidades de inventario se disminuye las probabilidades de no poder hacer frente a la demanda y de interrumpir la operación de ventas, pero también se aumenta la inversión.

2.3.1 Políticas de control de inventarios: En los modelos de reaprovisionamiento continuo los inventarios se controlan continuamente y el pedido se cursa en el momento en que los inventarios decrecen hasta una cierta magnitud o " punto de pedido" (en inglés "order point").

La cantidad a pedir entonces sería el lote económico de compras. (LEC o EOQ).

En un caso más general, con el periodo de reposición no nulo, el punto de pedido Aparecería cuando el nivel de inventarios fuera igual a la suma del stock de Seguridad más la demanda que previsiblemente habría que atender durante el Periodo de reposición. Es decir:

Punto de pedido = demanda durante el lead-time + stock de seguridad

En el caso de los modelos de reaprovisionamiento periódico aparentemente es sencillo: se lanza una orden de pedido cada cierto tiempo previamente establecido (Una vez por semana, o una vez por mes, por ejemplo), denominado periodo de reaprovisión. La cantidad a pedir en ese momento (en inglés "order quantity") será la que restablece un cierto nivel máximo de existencias, o "nivel objetivo".

Este modelo de reaprovisionamiento tiende a utilizarse cuando existen demandas reducidas de muchos artículos y resulta conveniente unificar las peticiones de varios de ellos en un solo pedido para reducir los costos de lanzamiento o para obtener descuentos por volumen.

El nivel objetivo de existencias sería, en la hipótesis de periodo de reposición nulo, aquel que garantiza los suministros durante el periodo de revisión. Es decir, la demanda prevista en dicho periodo más un stock de seguridad asociado a dicho periodo si la demanda fuera (caso real) de un tipo probabilista. La cantidad a pedir en cada uno de los momentos preestablecidos sería la diferencia entre el stock existente y el stock objetivo.

El periodo de revisión suele ser fijado por razones de índole práctico, relacionadas con las pautas temporales de gestión de la empresa, y por eso son tan frecuentes periodos de revisión semanal, quincenal, mensual, trimestral, etc.

Lo anterior se resume en las cuatro políticas fundamentales de inventario: SISTEMA Q: Con esta política se realiza una revisión continua de los niveles de inventario, de modo que se lanza el pedido por una cantidad (Q) cuando el nivel de stock del artículo baja de una cantidad preestablecida, punto de pedido (R). El intervalo entre pedidos varía pero la cantidad de pedidos es fija. SISTEMA P: Con este sistema, los niveles de inventario se revisan a intervalos fijos de tiempo (T) y se lanzan pedidos de reaprovisionamiento por la diferencia entre un nivel máximo fijado (M) y la cantidad (q) en stock en el momento de la revisión. Respecto al sistema Q, el sistema P permite coordinar tiempos de revisión de niveles de diferentes artículos y realizar pedidos conjuntos. Sin embargo, presenta niveles medios de inventario ligeramente superiores que los del sistema Q.

SISTEMA RM o min-máx.: Es una variación del sistema Q. Empleando el sistema Q con pedidos grandes, frecuentemente, se pasa de estar por encima a estar por debajo del punto de pedido, sin igualarlo. Para tener esto en cuenta, se aumenta la cantidad de reaprovisionamiento en la diferencia entre en punto de pedido (R) y la cantidad disponible (q), en el momento de lanzar el pedido. Así, la cantidad de pedido no es constante.

SISTEMA TRM: Este sistema combina las características de los sistemas P y min-máx. El nivel de inventario se revisa cada T unidades de tiempo para ver si la cantidad disponible ha bajado del punto de pedido (R). Si es así, se lanza un pedido de reaprovisionamiento por una cantidad $M - q$

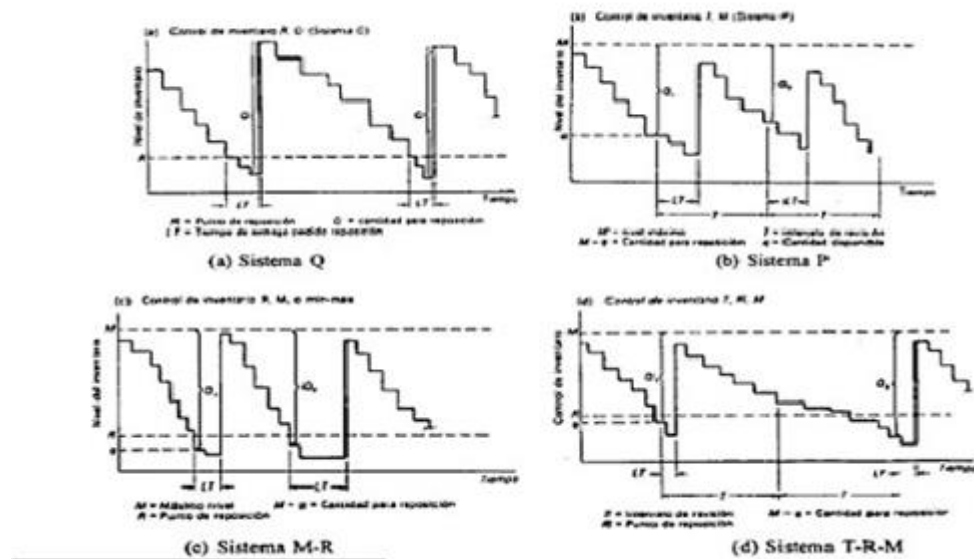


Imagen 3: Representación gráfica de los Sistemas de Reaprovisionamiento de inventarios

2.3.2 **Planeación, reposición y optimización de inventarios de acuerdo a la política de Ecopetrol S.A:**

Se deben mantener niveles óptimos de inventario de materiales por unidad de negocio, de acuerdo con las necesidades reales de la operación. Es decir que se tendrán en inventario las cantidades de materiales que permitan garantizar el óptimo funcionamiento de las operaciones y los planes de trabajo de los clientes del proceso, a saber: operaciones, mantenimiento, proyectos y las áreas administrativas.

La definición de lento movimiento o rotación de los materiales en bodega, según la criticidad, es:

- **Críticos:** No existe lento movimiento. En el caso de repuestos de equipos, se considera que podrán estar en las bodegas hasta el retiro de los mismos.
- **Esenciales y Especiales:** El lento movimiento para estos materiales será de cinco años, sin registro de salida.
- **Soporte:** El lento movimiento para los materiales clasificados como soporte será de dos años, sin registro de salida.
- **Usuario y Cargo directo:** los materiales de esta clasificación no podrán exceder en más de un año su almacenamiento en bodega. Pasado este tiempo se considerará de lento movimiento. Lo descrito en este punto no implica que un material deba conservar su clasificación desde su inicio.

Puede tener modificaciones de acuerdo con los cambios en los criterios para su calificación.

Para el cálculo del Sobre stock o material sobrante en bodega se deben tener en cuenta los siguientes casos en donde no se aplicaría tal definición: Mayor disponibilidad en bodega para aseguramiento de los mismos materiales al momento de necesitarlos el cliente (en forma planeada) y que una vez consumidos los programados, quede en bodega una cantidad óptima para próximas necesidades.

Mayor disponibilidad por compra adicional por razones de optimización del proceso de compra (costos de importación, pedidos mínimos, intervalos de entrega, retrasos previsibles de proveedores, ventajas de precio de compra, etc.).

Lo anterior se interpreta en la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad en sobre stock} = \text{Disponible} - (\text{Reservado} + \text{ROP} + \text{ROQ})$$

La reposición de materiales se hará por las siguientes necesidades:

- Parámetros de reposición: como mínimo, pero sin limitarse a, Punto de reorden (ROP) y cantidad a reordenar (ROQ)
- Solicitudes de materiales
- Pronósticos de materiales para tareas de Mantenimiento Programado.

2.3.3 **Sistema De Clasificación De Inventarios ABC:** El análisis ABC es una manera de clasificar los productos de acuerdo a criterios preestablecidos, dicha clasificación se basa en la conocida ley de Pareto, y diferencia de los artículos entre los importantes y escasos (categoría A) y los numerosos y triviales (categoría C), con un grupo intermedio que no participa que ambas denominaciones (categoría B). Es clásico considerar las siguientes agrupaciones de los artículos:

Tipo A: Son aquellos en los que la empresa tiene mayor inversión. Representa el 20% de los artículos en inventario y como referencia el 80% del valor de la inversión. Son generalmente los más costosos y los de rotación lenta del inventario.

Tipo B: Son aquellos que por referencia les corresponde el rango siguiente de inversión, y representa el 30% de los artículos y requieren del valor de inversión.

Tipo C: Son aquellos que representan el 50% de los artículos en inventario y solo el 5% del valor de la inversión. Este tipo normalmente se encuentra en grandes y variadas cantidades dentro del inventario, por corresponder a inversión más bajas.

Como recomendación general, si se manejan muchas referencias, la clasificación que se realice atendiendo al valor de las salidas, y el número de artículos que se dispone, no se debe diferir excesivamente de los valores indicados. La gestión de los inventarios deberá ir avanzada. La gestión de los indicadores deberá ir avanzado desde la categoría A hasta la categoría B y C, en función de las posibilidades reales que tenga la empresa.

El control de los artículos del A, debe ser muy preciso y minucioso, por la razón de representar el de mayor inversión. Es recomendable interpretar en ellos las técnicas del control inventarios más sofisticados.

Por otra parte los artículos A, pueden ser controlados empleando otras técnicas que resulten eficientemente y menos complejos. A diferencia de los artículos A y B, los tipo C solo requieren de un mínimo control de inventario.

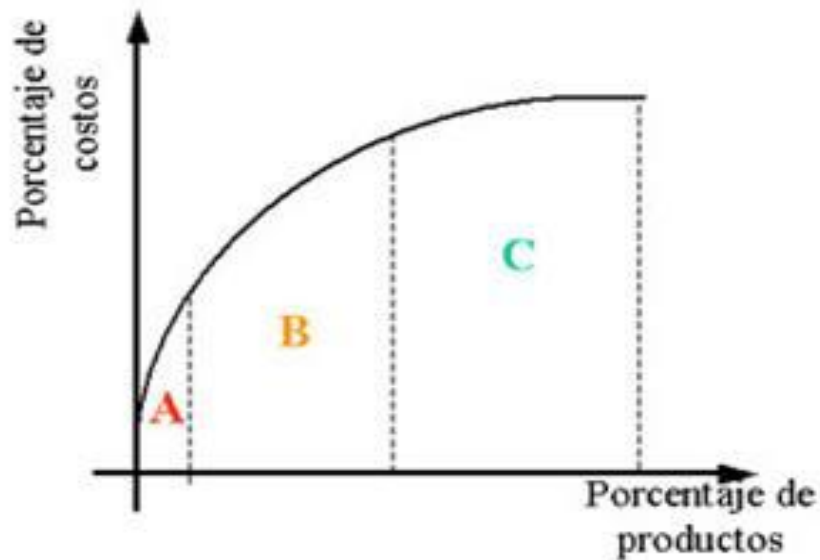


Imagen 4: Análisis ABC

2.3.4 **Distribución Binomial:** En estadística, la distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta que mide el número de éxitos en una secuencia de “n” ensayos de Bernoulli independientes entre sí, con una probabilidad fija “p” de ocurrencia del éxito entre los ensayos y fue desarrollada por Jakob Bernoulli (Suiza, 1654-1705).

Un experimento de Bernoulli se caracteriza por ser dicotómico, esto es, sólo son posibles dos resultados. A uno de estos se denomina éxito y tiene una probabilidad de ocurrencia p y al otro, fracaso, con una probabilidad $q = 1 - p$. En la distribución binomial el anterior experimento se repite “n” veces, de forma independiente, y se trata de calcular la probabilidad de un determinado número de éxitos. Para $n = 1$, la binomial se convierte, de hecho, en una distribución de Bernoulli.

Para representar que una variable aleatoria **X** sigue una distribución binomial de parámetros **n** y **p**, se escribe

$$X \sim B(n, p)$$

n = tamaño muestral, número de experimentos realizados.

• **p** = P(A) = probabilidad de que tenga lugar el suceso A.

Su función de probabilidad viene definida por:

$$F(X = x) = \binom{n}{x} * p^x * (1 - p)^{n-x}$$

Ecuación 1: Función de Probabilidad de la distribución Binomial

Donde, **n**, debe ser un entero positivo y **p** debe pertenecer al intervalo $0 \leq p \leq 1$

Por ser una proporción. Su media y su varianza, vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$E(X) = n * p$$

Ecuación 2: Esperanza de la distribución Binomial

$$\sigma^2 = n * p * (1 - p)$$

Ecuación 3: Varianza de la distribución Binomial

Una distribución de probabilidad binomial es una distribución teórica, que se puede calcular mediante el uso de la fórmula de la función de probabilidad. Sin embargo, los cálculos pueden ser muy tediosos, especialmente cuando nos piden probabilidades acumuladas, ya que será necesario aplicar la fórmula repetidamente.

Por tal motivo existen tablas en las que se pueden consultar las probabilidades de un determinado número de éxitos para varios valores de **n** y de **p**, pero únicamente para valores máximos de **n** = 25.. Sin embargo, el cálculo puede ser todavía tedioso.

Para solventar el problema del cálculo de probabilidades de la distribución binomial para n elevados, y siempre que el producto $n \cdot p \cdot (1-p)$ es elevado, del orden de 9 o superior usaremos la herramienta Microsoft Excel.

2.3.5 Distribución de POISSON: En teoría de probabilidad y estadística, la distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que expresa, a partir de una frecuencia de ocurrencia media, la probabilidad que ocurra un determinado número de eventos durante cierto periodo de tiempo.

Fue descubierta por Siméon-Denis Poisson, que la dio a conocer en 1838 en su trabajo Recherches sur la probabilité des jugements en matières criminelles et matière civile (Investigación sobre la probabilidad de los juicios en materias criminales y civiles).

Esta distribución de probabilidades es muy utilizada para situaciones donde los sucesos son impredecibles o de ocurrencia aleatoria. En general, utilizaremos la distribución de Poisson como aproximación de experimentos binomiales donde el número de pruebas es muy alto ($n \rightarrow \infty$), pero la probabilidad de éxito muy baja ($p \rightarrow 0$).

Se dice que X sigue una distribución de Poisson de parámetro λ y que se obtiene del producto $n \cdot p$ (que nombraremos a partir de aquí como np , por mayor simplicidad), que se representa con la siguiente notación:

$$X \sim Ps(\lambda)$$

La distribución de Poisson se caracteriza por las siguientes propiedades:

- Sea una población de tamaño ∞ .
- Sea una muestra de tamaño n bastante elevado (se suele hablar de que tiende a ∞)
- Los sucesos son independientes entre si.
- Sea **A** un suceso que tiene una probabilidad **p** de suceder durante un periodo de tiempo, siendo esta probabilidad de ocurrencia durante un periodo de tiempo concreto muy pequeña (se suele hablar de que tiende a 0).

- El producto $n \cdot p$, tiende a aproximarse a un valor promedio o número medio, al que llamaremos λ . Por ejemplo, promedio de llamadas recibidas en una centralita por minuto o número medio de accidentes producidos en una carretera durante el fin de semana.
- X : número de individuos de la muestra que cumplen A .
- El conjunto de posibles valores de A es, $E = \{0,1,2,3,4,\dots\}$

Su función de probabilidad viene definida por:

$$F(X = x) = e^{-\lambda} * \frac{\lambda^x}{x!}$$

Ecuación 4: Función de Probabilidad de la distribución Poisson

Donde X debe ser un entero positivo.

Esta expresión, se obtiene tomando los límites cuando n tiende a ∞ , p tiende a 0 y np permanece constante e igual a λ , de la función de probabilidad de la distribución de una variable binomial:

$$F(X = x) = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ p \rightarrow 0 \\ np \rightarrow \lambda}} \binom{n}{x} * p^x * (1-p)^{n-x} = e^{-\lambda} * \frac{\lambda^x}{x!}$$

Ecuación 5: Función de Probabilidad de la distribución Poisson.

La media o esperanza y la varianza, se obtienen mediante el mismo procedimiento, tomando los límites cuando n tiende a ∞ , p tiende a 0 y np tiende a λ :

$$E(X) = \lim_{np \rightarrow \lambda} np = \lambda$$

Ecuación 6: Esperanza de la distribución Poisson.

$$\sigma^2 = \lim_{np \rightarrow \lambda} (n * p * (1-p)) = \lambda$$

Ecuación 7: Varianza de la distribución Poisson

Una propiedad importante de la distribución de Poisson, es que la suma de n variables de Poisson independientes, $Ps(\lambda_1)+Ps(\lambda_2)+\dots+Ps(\lambda_n)$, es también una variable de Poisson siendo el valor de su parámetro λ , la suma de los de las variables que se suman, $Ps(\lambda_1+\lambda_2+\dots+\lambda_n)$.

En general, la distribución de Poisson, ofrecerá buenas aproximaciones a probabilidades de variables binomiales cuando $n \geq 50$ y $p \leq 0,1$ y en el intervalo, $10 \leq np \leq 100$, las aproximaciones serán excelentes, ya que en muchos casos la aplicación de la función de probabilidad de la binomial puede llegar a ser complicada, por esa razón utilizaremos la herramienta Microsoft Excel para obtener estos resultados de una manera más fácil.

2.3.6 Equipos Críticos: No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Debido a las limitantes de recursos para mantener una planta, se deben destinar la mayor parte de estos recursos a los equipos más importantes, dejando menos prioridad a los equipos de menos influencia en los resultados del proceso.

La manera de diferenciar estos equipos de los demás se hace mediante un análisis de criticidad de los equipos, en donde se pueden clasificar los equipos en tres niveles de importancia, de acuerdo a la valoración que se determine en los criterios establecidos: Impacto en la producción, impacto en los costos de mantenimiento, impacto en la calidad, la seguridad y el medio ambiente.

Nivel A: Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente al proceso. Generan alto impacto en los criterios establecidos.

Nivel B: Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta al proceso pero sus consecuencias son asumibles, es decir, su impacto en los criterios anteriormente mencionados son recuperables en un corto plazo.

Nivel C: Son aquellos equipos cuya incidencia no es significativa en los resultados del proceso, es decir, tienen poca influencia e impacto en los criterios usados para definir su criticidad.

2.4 EQUIPOS UTILIZADOS EN LA DESHIDRATACIÓN DE CRUDOS

Una vez que el crudo es producido a nivel de fondo de pozo, la producción proveniente de los diferentes pozos se lleva a un múltiple de producción, compuesto a su vez por tres submúltiples de acuerdo a la presión de línea en baja, alta y de prueba. Está constituido por tuberías de 6 pulgadas de diámetro a través de las cuales circula la mezcla gas-crudo-agua que pasará posteriormente a los separadores gas-líquido donde se elimina el gas disuelto. Luego, la emulsión pasa a un separador gravitacional para eliminar el agua libre y el crudo no emulsionado. La emulsión restante se lleva al sistema de tratamiento seleccionado para la aplicación de calor y/o corriente eléctrica, y finalmente el crudo separado pasa a un tanque de almacenamiento.

2.4.1 Separadores Gravitacionales: El asentamiento gravitacional se lleva a cabo en grandes recipientes llamados tanques, sedimentadores, tanques de lavado, “gun barrels” y eliminadores de agua libre (EAL ó “Free Water Knockout FWK”). Los eliminadores de agua libre (EAL) son utilizados solamente para remover grandes cantidades de agua que es producida en la corriente, pero que no está emulsionada y se asienta fácilmente en menos de 5-20 minutos, el crudo de salida de un EAL todavía contiene desde 1 hasta 30 % de agua emulsionada.

En el interior de estos recipientes que son de simple construcción y operación, se encuentran baffles para direccionar el flujo y platos de coalescencia. El agua es removida por la fuerza de gravedad y esta remoción provoca ahorros en el uso de combustible de los calentadores. Un calentador requiere de 350 Btu para calentar un barril de agua en 1°F, pero solamente requiere 150 Btu para calentar 1 barril de crudo en 1°F. El calentamiento de agua, aparte de que es un desperdicio de energía provoca problemas de incrustación y requiere del uso adicional de tratamiento químico muy costoso para prevenir la incrustación.

Los eliminadores de agua libre (EAL), no son lo mejor ya que ellos solo remueven el agua libre. Están protegidos por ánodos de sacrificio y por aditivos para prevenir la corrosión por el efecto del agua de sal.

2.4.2 Calentadores: Los tratadores-calentadores pueden ser de tipo directo e indirecto en función de la forma en que se aplica el calor. En los calentadores de tipo directo el calor es transferido por contacto directo de la corriente alimentada con la superficie interna del calentador.

Aunque este tipo presenta problemas de sedimentos y de corrosión pueden manejar mayores volúmenes de fluidos con menor gasto de combustible que los calentadores indirectos. Operan eficientemente en procesos de baja presión y donde los fluidos manejados no son muy corrosivos. Los más utilizados son los calentadores de fuego directo con cajas de fuego de tipo vertical,

El diseño normal de un calentador tipo vertical cumple las siguientes funciones:

- Desgasificado de la emulsión de entrada.
- Remoción de arenas, sedimentos y agua libre previo al calentamiento.
- Lavado con agua y calentamiento de la emulsión.
- Coalescencia y asentamiento de las gotas de agua.

El crudo deshidratado caliente puede ser usado para precalentar la emulsión de entrada usando un intercambiador de calor. Los calentadores no son recomendables para remover grandes cantidades de agua libre, debe usarse un separador EAL o FKW. Las mismas funciones básicas son previstas en un calentador directo tipo horizontal. La alimentación es parcialmente desgasificada, luego es direccionada hacia la parte de abajo del equipo para la separación del agua libre y la arena. Después, la alimentación es calentada y sufre una última desgasificación. Posteriormente, a través de un distribuidor pasa a un baño de agua para finalmente pasar a la sección de coalescencia.

Las partículas sólidas, tales como arena, escama, productos de corrosión se depositarán en la parte inferior de estos equipos. Si estos sedimentos no son removidos puede causar los siguientes problemas:

- Acumular y ocupar un volumen importante en el recipiente y eventualmente bloquear la corriente de alimentación.
- Bloquear la transferencia de calor, ocasionando finalmente el colapso del equipo de calentamiento.
- Interferir en los controles de nivel, ánodos, válvulas, medidores y bombas.
- Asimismo pueden incrementar el crecimiento bacteriano y la velocidad de corrosión.

En general el calentamiento ya sea de tipo directo o indirecto tiene las siguientes ventajas:

- Reduce la viscosidad de la fase continua: un incremento en la temperatura de 10 °F baja la viscosidad de la emulsión por un factor de 2.
- Incrementa el movimiento browniano y la colisión de las gotas de agua para su coalescencia.
- Incrementa la diferencia de densidad entre la salmuera y el crudo.
- Promueve una mejor distribución del desemulsionante.
- Disuelve las parafinas cristalizadas que le dan estabilidad a las emulsiones.
- Debilita la película de emulsionante que rodea a las gotas de agua.

Sin embargo el calentamiento presenta las siguientes desventajas:

- Provoca la migración de los compuestos más volátiles del crudo hacia la fase gas. Esta pérdida de livianos ocasiona una disminución de volumen del crudo calentado y una disminución en su gravedad API.
- Incrementa los costos de combustible.
- Incrementa los riesgos en las instalaciones.
- Requieren mayor instrumentación y control.
- Causa depósitos de coke.

2.4.3 **Coalescedores Electrostáticos:** Los procesos de deshidratación electrostática consisten en someter la emulsión a un campo eléctrico intenso, generado por la aplicación de un alto voltaje entre dos electrodos. Este dispositivo, generalmente tiene características similares a los de los equipos de separación mecánica presurizados, añadiendo a éstos el sistema de electrodos y de generación de alto voltaje. La aplicación del campo eléctrico sobre la emulsión induce a la formación de dipolos eléctricos en las gotas de agua, lo que origina una atracción entre ellas, incrementando su contacto y su posterior coalescencia. Como efecto final se obtiene un aumento del tamaño de las gotas, lo que permite la sedimentación por gravedad.

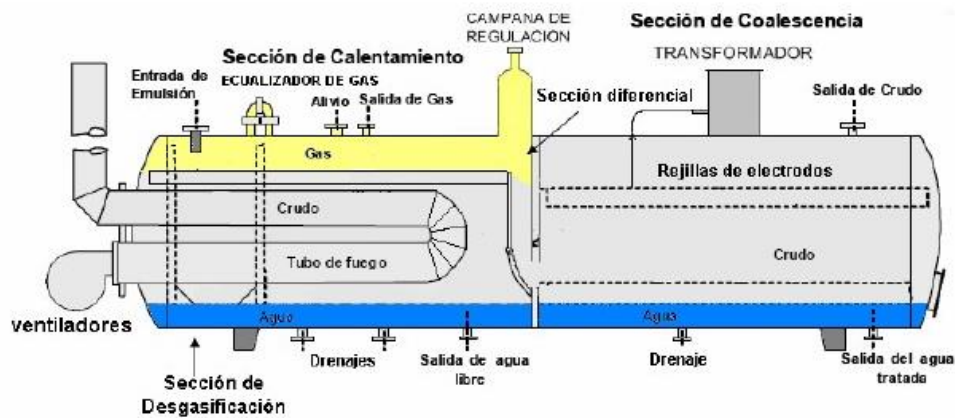


Imagen 5: Calentador de Electroestatico Crudo

Entre las ventajas que posee los deshidratadores electrostáticos en comparación con los sistemas de tanques de lavado es que son menos afectados en su operación por las características de los crudos (densidad, viscosidad), agua o agentes emulsionantes, ofrecen mayor flexibilidad, el tiempo de residencia asociado es relativamente corto y por otra parte, son de menor dimensión.

Además, con el tratamiento electrostático se obtiene una mejor calidad del agua separada y una mayor flexibilidad en cuanto a las fluctuaciones o variaciones en los volúmenes de producción. Estos equipos se utilizan cuando la velocidad de asentamiento por gravedad es muy lenta, dada por la Ley de Stokes. Como la molécula de agua es polar, el campo eléctrico incrementa la coalescencia de las gotas dispersas en el aceite por consiguiente los dos mecanismos que actúan simultáneamente son:

- ✓ Las gotas de agua adquieren una carga eléctrica neta.
- ✓ La distribución al azar de las gotas de agua en el interior del aceite al pasar por el campo electrostático se alinean con su carga positiva orientada al electrodo cargado (negativo).

Estas fuerzas de atracción electrostática pueden ser mucho más grandes que la fuerza de gravedad presente. La relación de fuerza electrostática con la fuerza de gravedad es de aproximadamente de 1.000 para gotas de agua de 4 micras de diámetro en crudo de 20° API expuesto a un gradiente eléctrico típico de 5 kilovoltios/pulgada

3. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS CRÍTICOS PARA LOS CALENTADORES DE CRUDO

Para la identificación de los repuestos críticos, se realiza un levantamiento en campo (en sitio) de todos los instrumentos que tiene los calentadores de crudo en la Estación Chichimene, con el propósito de establecer el listado de los repuestos requeridos.



Imagen 6: Fotografías de los calandores de crudo - Estación Chichimene

Dentro de este levantamiento de información se encontraron los siguientes instrumentos que corresponden a un total 19 items.

Item	Nombre del instrumento	Descripción de la función realizada por el instrumento
1	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	Medir el flujo de gas combustible que circula por cada línea hacia los tubo de fuego
2	indicador de Presion manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a proceso de 1/2" NPT, conexión vertical (LOW), con glicerina	Indicar y/o visualizar la presión de gas combustible en sitio en cada línea de gas combustible
3	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022 (Color café), Rango 2 a 4 pulgadas de agua	Disminuir la presión de entrada de gas combustible de 5 psi a 6 InH ₂ O
4	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psig	Disminuir la presión de entrada de gas combustible de 30 psi a 5 psi
5	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	Evacuar el flujo de gas remanente en la línea de gas combustible cuando se acciona las válvulas de Shut-Down
6	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	Cortar el flujo de suministro de gas combustible hacia los tubos de fuego
7	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868i, con dos (2) sensores 401, cables, anclaje y riel de 24"	Medir el flujo de salida de crudo que sale del calentador

Tabla 1 Relación de los instrumentos de un calentador de crudo

Item	Nombre del instrumento	Descripción de la función realizada por el instrumento
8	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	Censar la llama (indicar si esta encendido) al interior del Tubo de fuego
9	Switch de position on/off, marca HONEYWELL	Indicar el momento en que se encuentra abierto los compartimiento de los Blowers
10	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 mA	Regular en flujo de entrada de aire al interior del tubo de fuego
11	Transmisor presión manométrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	Censar (Medir) la presión de entrada de gas combustible en la línea de gas piloto (encendedores)
12	Transmisores de temperatura, marca Resomount modelo 3144P	Censar (Medir) la temperatura de los gases de escape de cada tubo de fuego
13	Transmisores de temperatura, marca Resomount modelo 3144P	Censar (Medir) la temperatura del crudo al interior del calentador
14	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2"NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	Cortar el flujo de suministro de gas combustible hacia las líneas de gas piloto (encendedores)
15	GAUGE, PRESSURE, RECORDING, PRESSURE REG. 1/2" MAXITROL, Ref 325-3, Rango de 0 - 15 InH2O	Indicar y/o visualizar la presión de gas combustible en sitio en cada línea de gas combustible
16	Transformadores Allanson de 120VAC - 6000VAC	Elevar la tensión (voltaje) para que la bujía pueda generar la chispa
17	Controladores Borner Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	Controlar el sistema de encendido de los tubos de fuego
18	Válvulas de seguridad	Evacuar el exceso de presión al interior del calentador
19	Blowers (ventilador de tiro inducido)	Introducir aire al interior de los tubos de fuego

Continuación Tabla 2:

Una vez se tiene el listado consolidado de los instrumentos que hacen parte de los calentadores de crudo se procede a revisar los hojas de especificaciones técnicas del fabricante (Data Sheet) en compañía del técnico señor de instrumentación encargado de estos equipos, con el propósito de identificar los repuestos para cada instrumento. Arrojando un total de 37 ítems entre instrumentos y repuestos, 18 ítems más que en el levantamiento que inicialmente se realizó.

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock
1	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	5502190
2	Meter, flow rate indicating, flowmeter cables, cable: pair of coaxial cables 10 feet pair connector: bnc connector	5518097
3	Switch de posición on/off, marca HONEYWELL	798629
4	Indicador de Presión manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a proceso de 1/2" NPT, conexión vertical (LOW), con glicerina	2818706

Tabla 2: Partes y/o Repuestos de los calentadores de crudo

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock
5	Blowers (ventilador de tiro inducido), Modelo 6V92	2033835
6	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	5502208
7	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868i, con dos (2) sensores 401, cables, anclaje y riel de 24"	4548350
8	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022 (Color café), Rango 2 a 4 pulgadas de agua	3817350
9	Transmisores de temperatura (2 para termocupla y 3 para RTD), marca Rosemount modelo 3144P	1718212
10	Fuente alimentación 85 - 235 VAC, REF 1756-PA75	4265724
11	Pantalla de operacion panelview 1000. puerto ethernet, REF 2711P-K10C4A6	4508271
12	Transmisor presión manométrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	5682364
13	Bloque terminal de 36 pines, REF 1756-TBCH	4213922
14	Housing, blower housing, model 5131/6131-CCR AND, 6131--CL6	4214920
15	Transducer, ultrasonic test liquid clamp-on transducers c-rs: model 402 operating frequency process:1 MHz temperature range: -40 TO 150 C	4136669
16	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	4571808
17	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, , Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psi	2728210
18	Modulo de 8 salidas analogas, REF 1756-OF8	3579323
19	Printed circuit board, tarjeta de purga de 30 segundos para controlador electronico de llama	2914737
20	Modulo comunicacion ethernet, REF 1756-ENBT	3624798
21	Base para modulador Ref. RM7840L1018	4304788
22	Transformadores Allanson de 120V - 6000V	3964681
23	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2"NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	758813
24	Capuchones de 90° para bujía	4215372
25	Controladores Borner Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	2914752
26	Fuente 24 VDC, REF 1606-XLP72E	5664867
27	Clamp model: universal clamping fixture type: universal clamping fixture with	4369849
28	Modulo de 8 entradas analogas, REF 1756-IF8	4265955
29	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	4304911
30	Kit de repuesto para Blowers, Modelo 6V92	4119178
31	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 ma	2927481
32	Modulo de 16 salidas por rele aislado, REF 1756-OW16I	3579315

Continuación Tabla No.2

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock
33	Manifold de 2 vías marca rosemount modelo 306, marca rosemount	4306296
34	Modulo de 32 entradas digitales de 24 VDC, REF 1756-IB32	3579299
35	Compact Flash, REF 1784-CF64	4213823
36	Gauge, pressure, recording, pressure REG. 1/2" MAXITROL, Ref. 325-3	2884567
37	Cable para termocupla tipo K	2979680

Continuación Tabla No.2

Para la clasificación de estos repuestos se tendrán en cuenta los siguientes aspectos que permiten una categorización cuantitativa de estos materiales:

- Perdida de Producción (Lucro Cesante "**loss of profits**")
- Tiempo de Entrega (**lead Time**)
- **Perdida de Producción ó Lucro Cesante:** Es el parametro que permite cuantificar la cantidad de crudo que se deja de tratar en el calentador, como consecuencia de la afectación que genera la falla de algún instrumento contra el costo que conlleva el tratamiento con NAFTA para llevar a especificaciones de venta de 12° API (Gravedad específica según el "American Petroleum Institute") y 0,5% de BSW (Basic Sediment and Water) para entrega al Oleoducto.

$$PP = [(CST * \%Nafta) * (VNF * TRM)] \quad \text{Ecuación 8: Perdida Producción}$$

PP=Perdida de Producción

CST= Crudo que se deja de tratar, unidad Barriles (Bls)

% NF = Porcentaje de Nafta requerido para llevar el crudo a 12° API y 0,5% BSW

VNF = Valor de un Barril de Nafta

TRM = Tasa representativa del mercado que se requiere para comprar un Dólar \$ USD

Tiempo de Entrega: Es la cantidad de tiempo que transcurre entre la emisión del pedido por parte de la Dirección de Abastecimiento de Bienes y Servicios (DABS) de Ecopetrol y la disponibilidad renovada de los artículos ordenados (solicitados) una vez recibidos por parte de la bodega de materiales de la Superintendencia Operaciones Castilla – Chichimene (SCC).

Para este caso de estudio; según lo establecido por el Acuerdo de Nivel de Servicios (ANS) entre el Departamento de Mantenimiento SCC y la Dirección de Servicios Compartidos de la Gerencia Llanos de ECP, los materiales que no son de consecución local ni nacional y son de importación el tiempo estimado es de 90 días Calendario (70 días Hábiles).

Tipo Proceso Selección	Cuantía en SMMLV	Días Hábiles
Concurso Abierto.	100 – 5.000.	53
	> 5.000.	65
Concurso Cerrado.	100 – 5.000.	49
	> 5.000.	59
	Extranjero Independiente Cuantía.	70
Selección Directa.	0 – 100	25
	101 – 5.000.	35
	> 5.000.	36
Selección Directa con Extranjeros.	Independiente Cuantía.	51
Acuerdos de precios.	Independiente Cuantía.	7
Emergencia.	Independiente Cuantía.	13

Fuente - Ecopetrol: Acuerdo de Nivel de Servicios (ANS) ECP-DABS-13-134

3.1 Análisis de criticidad - Método ABC.

Este Método consiste en efectuar un análisis de los inventarios estableciendo categorías con el objeto de lograr un mayor control y clasificación de los inventarios existentes según el valor que tenga la bodega de materiales.

Para este análisis de inventarios es necesario establecer 3 Zonas: A, B y C.

- Zona A <= 80% del valor del inventario
- Zona B >80% y < 95% del valor del inventario
- Zona C > 95%. del valor del inventario

Cada Zona se establece con base en el número de ítem's que existen en la bodega contra el valor unitario de cada uno repuesto y/o artículo. Este análisis empieza ordenando y organizando la información consiguando en la tabla No.2 de mayor a menor según el precio de cada ítem, ver tabla No.3

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario
1	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	5502190	1	0	0	EA	\$ 12.603.450
2	Blowers (ventilador de tiro inducido), Modelo 6V92	2033835	1	0	1	EA	\$ 9.553.571
3	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	5502208	1	0	0	EA	\$ 8.990.191
4	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868i, con dos (2) sensores 401, cables, anclaje y riel de 24"	4548350	1	0	0	EA	\$ 8.820.000
5	Pantalla de operacion panelview 1000. puerto ethernet, REF 2711P-K10C4A6	4508271	1	0	0	EA	\$ 8.062.750
6	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	4571808	1	0	0	EA	\$ 6.752.053
7	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, , Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psi	2728210	1	0	0	EA	\$ 4.981.266
8	Transmisor presión manométrica (gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	5682364	1	0	0	EA	\$ 4.371.000
9	Housing, blower housing, model 5131/6131-CCR AND, 6131--CL6	4214920	1	0	0	EA	\$ 4.193.175
10	Transducer, ultrasonic test liquid clamp-on transducers c-rs: model 402 operating frequency process:1 MHz temperature range: -40 TO 150 C	4136669	1	1	2	EA	\$ 2.950.486
11	Modulo de 8 salidas analogas, REF 1756-OF8	3579323	1	0	1	EA	\$ 2.523.936
12	Modulo comunicacion ethernet, REF 1756-ENBT	3624798	1	0	0	EA	\$ 2.466.583
13	Base para modulador Ref. RM7840L1018	4304788	1	0	1	EA	\$ 2.209.737
14	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022 (Color café), Rango 2 a 4 pulgadas de agua	3817350	1	0	0	EA	\$ 2.127.124
15	Transmisores de temperatura (2 para termocupla y 3 para RTD), marca Rosemount modelo 3144P	1718212	1	0	0	EA	\$ 1.976.917
16	Fuente alimentación 85 – 235 VAC, REF 1756-PA75	4265724	1	0	0	EA	\$ 1.577.301
17	Controladores Bomer Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	2914752	1	0	1	EA	\$ 1.467.419
18	Clamp model: universal clamping fixture type: universal clamping fixture with	4369849	1	0	1	EA	\$ 1.465.950
19	Modulo de 8 entradas analogas, REF 1756-IF8	4265955	1	0	1	EA	\$ 1.387.728

Tabla 3 Partes y/o Repuestos con precios unitarios

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario
20	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	4304911	1	2	4	EA	\$ 1.335.038
21	Kit de repuesto para Blowers, Modelo 6V92	4119178	1	0	1	EA	\$ 1.296.766
22	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 ma	2927481	1	1	2	EA	\$ 987.768
23	Modulo de 16 salidas por rele aislado, REF 1756-OW16I	3579315	1	0	0	EA	\$ 852.000
24	Manifold de 2 vías marca rosemount modelo 306, marca rosemount	4306296	1	10	20	EA	\$ 763.951
25	Modulo de 32 entradas digitales de 24 VDC, REF 1756-IB32	3579299	1	0	0	EA	\$ 633.742
26	Transformadores Allanson de 120V – 6000V	3964681	1	1	2	EA	\$ 229.600
27	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2" NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	758813	1	0	0	EA	\$ 219.205
28	Capuchones de 90° para bujía	4215372	1	1	1	EA	\$ 165.141
29	Compact Flash, REF 1784-CF64	4213823	1	0	0	EA	\$ 159.525
30	Gauge, pressure, recording, pressure REG. 1/2" MAXITROL, Ref. 325-3	2884567	1	1	1	EA	\$ 153.133
31	Meter, flow rate indicating, flowmeter cables, cable: pair of coaxial cables 10 feet pair connector: bnc connector	5518097	1	1	2	EA	\$ 150.909
32	Switch de posición on/off, marca HONEYWELL	798629	1	2	4	EA	\$ 120.457
33	Indicador de Presión manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a proceso de 1/2" NPT, conexión vertical (LOW), con glicerina	2818706	1	0	0	EA	\$ 116.319
34	Bloque terminal de 36 pines, REF 1756-TBCH	4213922	1	0	0	EA	\$ 114.000
35	Fuente 24 VDC, REF 1606-XLP72E	5664867	1	0	0	EA	\$ 114.000
36	Printed circuit board, tarjeta de purga de 30 segundos para controlador electronico de llama	2914737	1	0	1	EA	\$ 107.617
37	Cable para termocupla tipo K	2979680	1	0	100	MT	\$ 4.250

Continuación Tabla No.3: Partes y7o Repuestos con precios unitarios

Una vez ordenados los ítems de mayor a menor de forma descendente según su valor unitario, se calcula el valor total acumulado desde el primer ítem que tiene el mayor valor unitario hasta el último que tiene el menor valor unitario en inventario, con el proposito de poder calcular el porcentaje del valor que representa este articulo (item) respecto al valor total de todos los repuestos.

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario	Tiempo de Entrega (días)	Valor del Repuesto	Valor Total Acumulado	% Valor Acumulado	Categoría
1	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	5502190	1	0	0	EA	\$ 12.603.450	120	\$ 12.603.450	\$ 12.603.450	↓ 13,3	A
2	Blowers (ventilador de tiro inducido), Modelo 6V92	2033835	1	0	1	EA	\$ 9.553.571	120	\$ 9.553.571	\$ 22.157.021	↓ 23,4	A
3	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	5502208	1	0	0	EA	\$ 8.990.191	120	\$ 8.990.191	\$ 31.147.212	↓ 32,9	A
4	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868i, con dos (2)	4548350	1	0	0	EA	\$ 8.820.000	90	\$ 8.820.000	\$ 39.967.212	↓ 42,2	A
5	Pantalla de operacion panelview 1000. puerto ethernet, REF 2711P-K10C4A6	4508271	1	0	0	EA	\$ 8.062.750	90	\$ 8.062.750	\$ 48.029.962	↓ 50,7	A
6	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	4571808	1	0	0	EA	\$ 6.752.053	90	\$ 6.752.053	\$ 54.782.015	↓ 57,9	A
7	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, , Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psi	2728210	1	0	0	EA	\$ 4.981.266	90	\$ 4.981.266	\$ 59.763.281	↓ 63,1	A
8	Transmisor presión manométrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	5682364	1	0	0	EA	\$ 4.371.000	90	\$ 4.371.000	\$ 64.134.281	↓ 67,7	A
9	Housing, blower housing, model 5131/6131-CCR AND, 6131--CL6	4214920	1	0	0	EA	\$ 4.193.175	90	\$ 4.193.175	\$ 68.327.456	↓ 72,2	A
10	Transducer, ultrasonic test liquid clamp-on transducers c-rs: model 402 operating frequency process:1 MHz temperature range: -40 TO 150 C	4136669	1	1	2	EA	\$ 2.950.486	90	\$ 2.950.486	\$ 71.277.942	↓ 75,3	A
11	Modulo de 8 salidas analogas, REF 1756-OF8	3579323	1	0	1	EA	\$ 2.523.936	90	\$ 2.523.936	\$ 73.801.878	↓ 78,0	A
12	Modulo comunicacion ethernet, REF 1756-ENBT	3624798	1	0	0	EA	\$ 2.466.583	90	\$ 2.466.583	\$ 76.268.461	↓ 80,6	A
13	Base para modulador Ref. RM7840L1018	4304788	1	0	1	EA	\$ 2.209.737	120	\$ 2.209.737	\$ 78.478.198	→ 82,9	B
14	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022	3817350	1	0	0	EA	\$ 2.127.124	90	\$ 2.127.124	\$ 80.605.322	→ 85,1	B
15	Transmisores de temperatura (2 para termocupla y 3 para RTD), marca Rosemount modelo 3144P	1718212	1	0	0	EA	\$ 1.976.917	90	\$ 1.976.917	\$ 82.582.239	→ 87,2	B
16	Fuente alimentación 85 - 235 VAC, REF 1756-PA75	4265724	1	0	0	EA	\$ 1.577.301	25	\$ 1.577.301	\$ 84.159.540	→ 88,9	B
17	Controladores Borner Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	2914752	1	0	1	EA	\$ 1.467.419	120	\$ 1.467.419	\$ 85.626.959	→ 90,4	B
18	Clamp model: universal clamping fixture type: universal clamping fixture with	4369849	1	0	1	EA	\$ 1.465.950	90	\$ 1.465.950	\$ 87.092.909	→ 92,0	B
19	Modulo de 8 entradas analogas, REF 1756-IF8	4265955	1	0	1	EA	\$ 1.387.728	90	\$ 1.387.728	\$ 88.480.637	→ 93,5	B
20	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	4304911	1	2	4	EA	\$ 1.335.038	90	\$ 1.335.038	\$ 86.961.997	→ 91,9	B

Nota: Para establecer el tiempo de entrega, se considero todos los días como día calendario, porque los calentadores de crudo trabaja las 24 Horas los 7 días de la semana.

Tabla 4: Partes y Repuestos con análisis ABC

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario	Tiempo de Entrega (días)	Valor del Repuesto	Valor Total Acumulado	% Valor Acumulado	Categoría
21	Kit de repuesto para Blowers, Modelo 6V92	4119178	1	0	1	EA	\$ 1.296.766	90	\$ 1.296.766	\$ 89.777.403	↔ 94,8	B
22	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTRON IV 4,20 ma	2927481	1	1	2	EA	\$ 987.768	60	\$ 987.768	\$ 90.765.171	↑ 95,9	C
23	Modulo de 16 salidas por rele aislado, REF 1756-OW16I	3579315	1	0	0	EA	\$ 852.000	90	\$ 852.000	\$ 91.617.171	↑ 96,8	C
24	Manifold de 2 vías marca rosemount modelo 306, marca rosemount	4306296	1	10	20	EA	\$ 763.951	60	\$ 763.951	\$ 92.381.122	↑ 97,6	C
25	Modulo de 32 entradas digitales de 24 VDC, REF 1756-IB32	3579299	1	0	0	EA	\$ 633.742	90	\$ 633.742	\$ 93.014.864	↑ 98,3	C
26	Transformadores Allanson de 120V - 6000V	3964681	1	1	2	EA	\$ 229.600	30	\$ 229.600	\$ 93.244.464	↑ 98,5	C
27	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2"NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	758813	1	0	0	EA	\$ 219.205	30	\$ 219.205	\$ 93.463.669	↑ 98,7	C
28	Capuchones de 90° para bujía	4215372	1	1	1	EA	\$ 165.141	30	\$ 165.141	\$ 93.628.810	↑ 98,9	C
29	Compact Flash, REF 1784-CF64	4213823	1	0	0	EA	\$ 159.525	90	\$ 159.525	\$ 93.788.335	↑ 99,1	C
30	Gauge, pressure, recording, pressure REG. 1/2" MAXITROL, Ref. 325-3	2884567	1	1	1	EA	\$ 153.133	25	\$ 153.133	\$ 93.941.468	↑ 99,2	C
31	Meter, flow rate indicating, flowmeter cables, cable: pair of coaxial cables 10 feet pair	5518097	1	1	2	EA	\$ 150.909	90	\$ 150.909	\$ 94.092.377	↑ 99,4	C
32	Switch de posición on/off, marca HONEYWELL	798629	1	2	4	EA	\$ 120.457	90	\$ 120.457	\$ 94.212.834	↑ 99,5	C
33	Indicador de Presión manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a	2818706	1	0	0	EA	\$ 116.319	25	\$ 116.319	\$ 94.329.153	↑ 99,6	C
34	Bloque terminal de 36 pines, REF 1756-TBCH	4213922	1	0	0	EA	\$ 114.000	90	\$ 114.000	\$ 94.443.153	↑ 99,8	C
35	Fuente 24 VDC, REF 1606-XLP72E	5664867	1	0	0	EA	\$ 114.000	60	\$ 114.000	\$ 94.557.153	↑ 99,9	C
36	Printed circuit board, tarjeta de purga de 30 segundos para controlador electrónico de llama	2914737	1	0	1	EA	\$ 107.617	120	\$ 107.617	\$ 94.664.770	↑ 100,0	C
37	Cable para termocupla tipo K	2979680	1	0	100	MT	\$ 4.250	30	\$ 4.250	\$ 94.669.020	↑ 100,0	C

Continuación Tabla No. 4: Partes y/o Repuestos con análisis ABC

Con la información organizada y procesada (ver Tabla No.5) se procede a graficarla, para observar la distribución arrojada por esta clasificación.

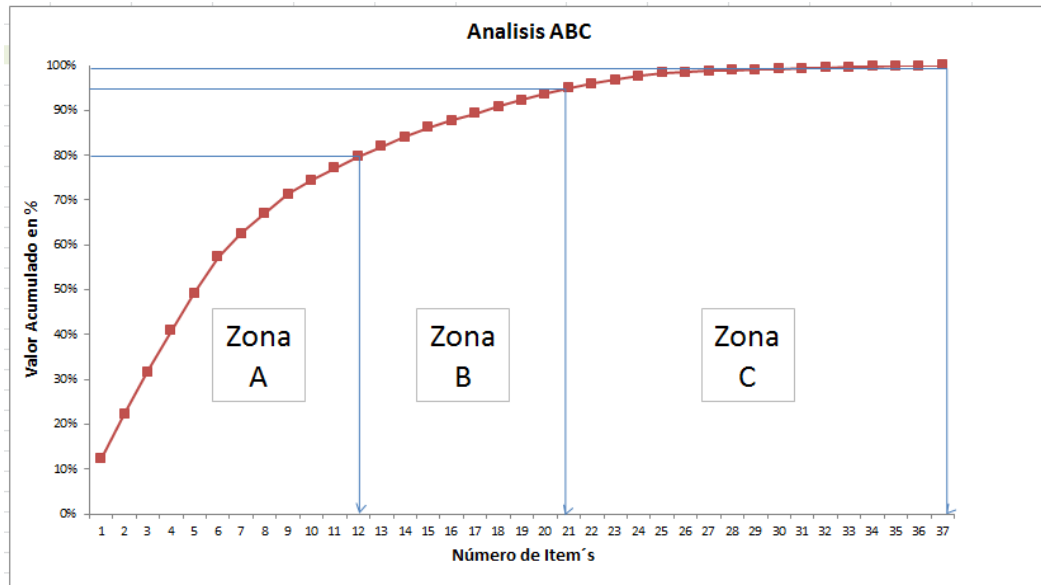


Imagen 7: Analisis ABC para los repuestos de los calentadores de crudo

Zona A: 12 Items y corresponde al 32% del total de los repuesto de un calentador
Zona B: 8 Items y corresponde al 24% del total de los repuesto de un calentador
Zona C: 17 Items y corresponde al 43% del total de los repuesto de un calentador

Los artículos de la Zona A, incluyen los inventarios que representan el 80% de la inversión y el 32% de los artículos. Los artículos de la zona B, con un valor medio, abarcan un número menor de inventarios que los artículos de la zona C de estos materiales y por último los artículos de la zona C, que tienen un valor reducido y serán un gran número de inventarios. Este sistema permite administrar la inversión en 3 categorías o grupos para direccionar esfuerzos y la atención al manejo de los artículos A, que significan el 80% de la inversión en inventarios.

Dependiendo de la zona en que se encuentre clasificado cada articulo y/o material, se recomienda realizar las siguientes acciones, que comprende:

Para los artículos A, deben ser sometidos a un estricto control de inventario, contar con áreas de almacenamiento mejor aseguradas y mejores pronósticos de reposición de estos articulos. Las verificaciones de existencia deben ser frecuentes (quincenales o incluso

semanales). En los artículos A; evitar las situaciones de faltas de existencias es una prioridad pero evitando al mismo tiempo, caer en sobre-stocks.

Para los artículos B, llevar a cabo un control administrativo intermedio dado que gozan del beneficio de una condición intermedia entre A y B. Un aspecto importante de esta clase es la monitorización de una potencial evolución hacia la Zona A o, por el contrario, hacia la Zona C.

Para los artículos C, Los puntos de reorden se realizan con menos frecuencia. Una política típica para el inventario de los artículos C consiste en tener solo una unidad disponible, y realizar una reorden solo cuando se ha verificado la salida (venta) real de la Bodega de Materiales. Este método lleva a una situación de falta de existencias después de cada pedido o solicitud de materiales que realice cada usuario a la Bodega (compra), lo que puede ser una situación aceptable, ya que los artículos C presentan tanto una baja demanda con un mayor riesgo de costes de inventario excesivos.

3.1.1 Análisis de Criticidad – Método XYZ: Mientras el análisis ABC se utiliza para clasificar y categorizar los elementos en función del volumen de la demanda, El análisis de XYZ puede ser utilizado para clasificar los elementos en función del lucro cesante dado que una ausencia de un material y/o repuesto afecta la cadena de producción en una empresa. Esto puede ser particularmente aplicable a las Bodegas de Materiales que gestionan piezas de repuesto o tienen un número importante de productos de baja frecuencia y bajo volumen.

El reto de la previsión de los elementos con los patrones de ventas irregulares es especialmente desalentador. Ese desafío puede abordarse en parte aislando elementos y la aplicación de inventarios específico y revisando las políticas de reposición de inventario adecuadas. Al igual que el análisis ABC, el análisis XYZ también es necesario determinar tres categorías del inventario según su valor

Categoría X son aquellos que representan el 60 % del valor total del inventario (0 – 60%)

Categoría Y representan el 30 % del valor total del inventario (60% – 90%)

Categoría Z representan el 10 % del valor total del inventario (90% - 100 %).

Continuación, se procede a determinar las categorías del inventario según su criticidad para cada categoría mediante la siguiente formula.

$$\text{Pérdida de Producción} = [(CST*\%Nafta)*(VNF*TRM)]$$

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario	Pérdida de Producción (\$/día)	Tiempo de Entrega (días)	Valor del Repuesto	Valor Total Acumulado	% Valor Acumulado	Categoría	Perdida Lucro cesante	Criticidad	Código
1	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	5502190	1	0	0	EA	\$ 12.603.450	\$ 72.000.000	120	\$ 12.603.450	\$ 12.603.450	↓ 13,3	A	↔\$ 8.640.000.000	X	AX
2	Blowers (ventilador de tiro inducido), Modelo 6V92	2033835	1	0	1	EA	\$ 9.553.571	\$ 72.000.000	120	\$ 9.553.571	\$ 22.157.021	↓ 23,4	A	↔\$ 8.640.000.000	X	AX
3	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	5502208	1	0	0	EA	\$ 8.990.191	\$ 72.000.000	120	\$ 8.990.191	\$ 31.147.212	↓ 32,9	A	↔\$ 8.640.000.000	X	AX
4	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868I, con dos (2)	4548350	1	0	0	EA	\$ 8.820.000	\$ 36.000.000	90	\$ 8.820.000	\$ 39.967.212	↓ 42,2	A	↔\$ 3.240.000.000	Y	AY
5	Pantalla de operacion panelview 1000. puerto ethernet, REF 2711P-K10C4A6	4508271	1	0	0	EA	\$ 8.062.750	\$ 144.000.000	90	\$ 8.062.750	\$ 48.029.962	↓ 50,7	A	↓\$ 12.960.000.000	X	AX
6	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	4571808	1	0	0	EA	\$ 6.752.053	\$ 36.000.000	90	\$ 6.752.053	\$ 54.782.015	↓ 57,9	A	↔\$ 3.240.000.000	Y	AY
7	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psi	2728210	1	0	0	EA	\$ 4.981.266	\$ 72.000.000	90	\$ 4.981.266	\$ 59.763.281	↓ 63,1	A	↔\$ 6.480.000.000	Y	AY
8	Transmisor presión manométrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	5682364	1	0	0	EA	\$ 4.371.000	\$ 36.000.000	90	\$ 4.371.000	\$ 64.134.281	↓ 67,7	A	↔\$ 3.240.000.000	Y	AY
9	Housing, blower housing, model 5131/6131-CCR AND, 6131--CL6	4214920	1	0	0	EA	\$ 4.193.175	\$ 72.000.000	90	\$ 4.193.175	\$ 68.327.456	↓ 72,2	A	↔\$ 6.480.000.000	Y	AY
10	Transducer, ultrasonic test liquid clamp-on transducers c-rs: model 402 operating frequency process:1 MHz temperature range: -40 TO 150 C	4136669	1	1	2	EA	\$ 2.950.486	\$ 36.000.000	90	\$ 2.950.486	\$ 71.277.942	↓ 75,3	A	↔\$ 3.240.000.000	Y	AY
11	Modulo de 8 salidas analogas, REF 1756-OF8	3579323	1	0	1	EA	\$ 2.523.936	\$ 144.000.000	90	\$ 2.523.936	\$ 73.801.878	↓ 78,0	A	↓\$ 12.960.000.000	X	AX
12	Modulo comunicacion ethernet, REF 1756-ENBT	3624798	1	0	0	EA	\$ 2.466.583	\$ 144.000.000	90	\$ 2.466.583	\$ 76.268.461	↓ 80,6	A	↓\$ 12.960.000.000	X	AX
13	Base para modulador Ref. RM7840L1018	4304788	1	0	1	EA	\$ 2.209.737	\$ 72.000.000	120	\$ 2.209.737	\$ 78.478.198	↔ 82,9	B	↔\$ 8.640.000.000	X	BX
14	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022	3817350	1	0	0	EA	\$ 2.127.124	\$ 72.000.000	90	\$ 2.127.124	\$ 80.605.322	↔ 85,1	B	↔\$ 6.480.000.000	Y	BY
15	Transmisores de temperatura (2 para termocupla y 3 para RTD), marca Rosemount modelo 3144P	1718212	1	0	0	EA	\$ 1.976.917	\$ 144.000.000	90	\$ 1.976.917	\$ 82.582.239	↔ 87,2	B	↓\$ 12.960.000.000	X	BX
16	Fuente alimentación 85 - 235 VAC, REF 1756-PA75	4265724	1	0	0	EA	\$ 1.577.301	\$ 72.000.000	25	\$ 1.577.301	\$ 84.159.540	↔ 88,9	B	↑\$ 1.800.000.000	Z	BZ
17	Controladores Bomer Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	2914752	1	0	1	EA	\$ 1.467.419	\$ 72.000.000	120	\$ 1.467.419	\$ 85.626.959	↔ 90,4	B	↔\$ 8.640.000.000	X	BX
18	Clamp model: universal clamping fixture type: universal clamping fixture with	4369849	1	0	1	EA	\$ 1.465.950	\$ 36.000.000	90	\$ 1.465.950	\$ 87.092.909	↔ 92,0	B	↔\$ 3.240.000.000	Y	BY
19	Modulo de 8 entradas analogas, REF 1756-IF8	4265955	1	0	1	EA	\$ 1.387.728	\$ 144.000.000	90	\$ 1.387.728	\$ 88.480.637	↔ 93,5	B	↓\$ 12.960.000.000	X	BX

Tabla 5 Partes y/o Repuestos con análisis XYZ

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock	Existencia	Por Comprar	Re-orden	Unidad Medida	Precio Unitario	Pérdida de Producción (\$/día)	Tiempo de Entrega (días)	Valor del Repuesto	Valor Total Acumulado	% Valor Acumulado	Categoría	Perdida Lucro cesante	Criticidad	Código
20	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	4304911	1	2	4	EA	\$ 1.335.038	\$ 72.000.000	90	\$ 1.335.038	\$ 86.961.997	↗ 91,9	B	↗\$ 6.480.000.000	Y	BY
21	Kit de repuesto para Blowers, Modelo 6V92	4119178	1	0	1	EA	\$ 1.296.766	\$ 72.000.000	90	\$ 1.296.766	\$ 89.777.403	↗ 94,8	B	↗\$ 6.480.000.000	Y	BY
22	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 ma	2927481	1	1	2	EA	\$ 987.768	\$ 72.000.000	60	\$ 987.768	\$ 90.765.171	↑ 95,9	C	↗\$ 4.320.000.000	Y	CY
23	Modulo de 16 salidas por rele aislado, REF 1756-OW16I	3579315	1	0	0	EA	\$ 852.000	\$ 144.000.000	90	\$ 852.000	\$ 91.617.171	↑ 96,8	C	↓\$ 12.960.000.000	X	CX
24	Manifold de 2 vías marca rosemount modelo 306, marca rosemount	4306296	1	10	20	EA	\$ 763.951	\$ 72.000.000	60	\$ 763.951	\$ 92.381.122	↑ 97,6	C	↗\$ 4.320.000.000	Y	CY
25	Modulo de 32 entradas digitales de 24 VDC, REF 1756-IB32	3579299	1	0	0	EA	\$ 633.742	\$ 144.000.000	90	\$ 633.742	\$ 93.014.864	↑ 98,3	C	↓\$ 12.960.000.000	X	CX
26	Transformadores Allanson de 120V - 6000V	3964681	1	1	2	EA	\$ 229.600	\$ 72.000.000	30	\$ 229.600	\$ 93.244.464	↑ 98,5	C	↗\$ 2.160.000.000	Y	CY
27	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2"NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	758813	1	0	0	EA	\$ 219.205	\$ 72.000.000	30	\$ 219.205	\$ 93.463.669	↑ 98,7	C	↗\$ 2.160.000.000	Y	CY
28	Capuchones de 90° para bujía	4215372	1	1	1	EA	\$ 165.141	\$ 36.000.000	30	\$ 165.141	\$ 93.628.810	↑ 98,9	C	↑\$ 1.080.000.000	Z	CZ
29	Compact Flash, REF 1784-CF64	4213823	1	0	0	EA	\$ 159.525	\$ 144.000.000	90	\$ 159.525	\$ 93.788.335	↑ 99,1	C	↓\$ 12.960.000.000	X	CX
30	Gauge, pressure, recording, pressure REG. 1/2" MAXITROL, Ref. 325-3	2884567	1	1	1	EA	\$ 153.133	No genera lucro cesante	25	\$ 153.133	\$ 93.941.468	↑ 99,2	C	--	Z	CZ
31	Meter, flow rate indicating, flowmeter cables, cable: pair of coaxial cables 10 feet pair	5518097	1	1	2	EA	\$ 150.909	\$ 72.000.000	90	\$ 150.909	\$ 94.092.377	↑ 99,4	C	↗\$ 6.480.000.000	Y	CY
32	Switch de posición on/off, marca HONEYWELL	798629	1	2	4	EA	\$ 120.457	\$ 72.000.000	90	\$ 120.457	\$ 94.212.834	↑ 99,5	C	↗\$ 6.480.000.000	Y	CY
33	Indicador de Presión manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a	2818706	1	0	0	EA	\$ 116.319	No genera lucro cesante	25	\$ 116.319	\$ 94.329.153	↑ 99,6	C	--	Z	CZ
34	Bloque terminal de 36 pines, REF 1756-TBCH	4213922	1	0	0	EA	\$ 114.000	\$ 144.000.000	90	\$ 114.000	\$ 94.443.153	↑ 99,8	C	↓\$ 12.960.000.000	X	CX
35	Fuente 24 VDC, REF 1606-XLP72E	5664867	1	0	0	EA	\$ 114.000	\$ 144.000.000	60	\$ 114.000	\$ 94.557.153	↑ 99,9	C	↗\$ 8.640.000.000	X	CX
36	Printed circuit board, tarjeta de purga de 30 segundos para controlador electronico de llama	2914737	1	0	1	EA	\$ 107.617	\$ 72.000.000	120	\$ 107.617	\$ 94.664.770	↑ 100,0	C	↗\$ 8.640.000.000	X	CX
37	Cable para termocupla tipo K	2979680	1	0	100	MT	\$ 4.250	\$ 72.000.000	30	\$ 4.250	\$ 94.669.020	↑ 100,0	C	↗\$ 2.160.000.000	Y	CY

Continuación Tabla 6: Partes y/o Repuestos con análisis XYZ

Con la información organizada y procesada (ver Tabla No.6) se procede a graficarla, cada uno de los materiales en inventario quedaron codificados con alguno de los 9 códigos posibles. En la tabla 6 se ha asignado el color rojo a los materiales con criticidad A (AX, AY, AZ), color amarillo a los materiales con criticidad B (BX, BY, BZ) y color verde a los materiales con criticidad C (CX, CY, CZ).

En la imagen 2, se observa los resultados obtenidos de la clasificación de los materiales de la tabla 6.

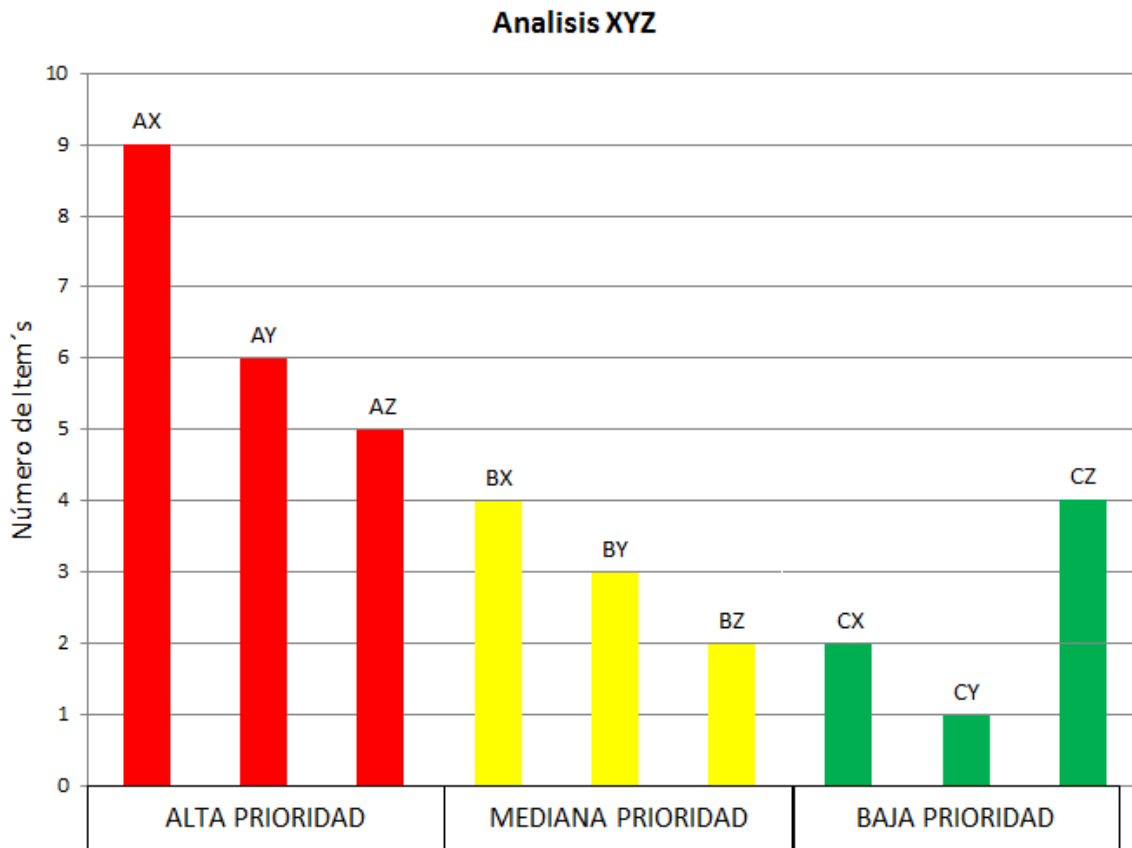


Imagen 8: Análisis XYZ para los repuestos de los calentadores de crudo

4. IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE PUNTO DE REORDEN.

Para la identificación de los puntos de reorden se tomó como base la tasa de falla de cada uno de los componentes que hace parte de la instrumentacion de un calentador de crudo (ver Tabla 6), esta informacion se recoleto a traves del software RELINE de Ecopetrol S.A.

Nº de artículo	Descripcion de la función del instrumento	Codigo Stock de ECP	Número de fallas por año	Número Piezas en Servicio
Transmisor presion diferencial Marca Resomount Modelo	Medir al flujo de gas combustible que circula por cada linea hacia los tubo de fuego	4571808	2	10
indicador de Presion manometrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metalica, conexión a proceso de 1/2" NPT, conexión vertical (LOW), con glicerina	Indicar y/o visualizar la presion de gas combustible en sitio en cada linea de gas combustible	2818706	4	10
Regulador de gas natural de baja, marca fisher modelo 133L, Referencia resorte	Disminuir la presion de entrada de gas combustible de 5 psi a 6 InH ₂ O	3817350	3	10
Regulador de gas natural de alta, marca fisher modelo 133H, , Referencia resorte	Disminuir la presion de entrada de gas combustible de 30 psi a 5 psi	2728210	4	10
Valvula de shut-down, marca Maxon, Ref 100SMA22-FC22-BB23BO	Evacuar el flujo de gas remanente en la linea de gas combustible cuando se acciona las válvulas de Shut-Down	5502208	1	10
Valvula de shut-down, marca Maxon, Ref 300CMA12-BC22-BB23BO	Cortar el flujo de suministro de gas combustible hacia los tubos de fuego	5502190	3	20
Transmisor de flujo ultrasonico, marca PANAMETRIC modelo XMT868I, con dos (2) sensores 401, cables, anclaje y riel de 24"	Medir el flujo de salida de crudo que sale del calentador	4548350	4	5
METER, FLOW RATE INDICATING, FLOWMETER CABLES, CABLE: PAIR OF COAXIAL CABLES 10 FEET PAIR CONNECTOR: BNC CONNECTOR	Este componente es un accesorio del Transmisor de Flujo ultrasonico, encargado de medir el flujo de salida de crudo	5518097	1	5
CLAMP MODEL: UNIVERSAL CLAMPING FIXTURE TYPE: UNIVERSAL CLAMPING FIXTURE WITH	Este componente es un accesorio del Transmisor de Flujo ultrasonico, encargado de medir el flujo de salida de crudo	4369849	1	5
TRANSDUCER, ULTRASONIC TEST LIQUID CLAMP-ON TRANSDUCERS C-RS: MODEL 402 OPERATING FREQUENCY PROCESS:1 MHZ TEMPERATURE RANGE: -40 TO 150 C	Este componente es un accesorio del Transmisor de Flujo ultrasonico, encargado de medir el flujo de salida de crudo	4136669	1	5
HOUSING, BLOWER HOUSING, MODEL 5131/6131-CCR AND, 6131--CL6	Este componente es un accesorio del Transmisor de Flujo ultrasonico, encargado de	4214920	1	10
Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref C7061A1012	Este componente es el encargado de sensar la llama (indicar si esta encendido) al interior del	4304911	6	10
Switch de posicion on/off, marca HONEYWELL	Este componente es el encargado de indicar en que momento esta abierto los compartimiento de los Blowers (ventilador de tiro inducido)	798629	6	10
Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 ma	Este componente es el encargado de regular en flujo de entrada de aire al interior del tubo de fuego	2927481	4	10
Transmisor presion manometrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo	Sensar (Medir) la presion de entrada de gas combustible en la linea de gas piloto	5682364	4	10
Transmisores de temperatura, marca Rosemount modelo 3144P	Sensar (Medir) la temperatura de los gases de escape de cada tubo de fuego	1718212	5	10
Transmisores de temperatura, marca Rosemount modelo 3144P	Sensar (Medir) la temperatura del crudo al interior del calentador	1718212	2	5
Cable para termocupla tipo K	Este componente es un accesorio del Transmisor de temperatura, encargado de llevar la señal hasta el sistema de control (PLC)	2979680	1	10
Bujia con capuchones de 90°	Este componente es el encargado de generar la chispa para encender la llama al interior del tubo de fuego	4215372	1	10
Manifold de 2 vias marca rosemount modelo 306. marca rosemount	Este componente es un accesorio de los transmisores de presión de gas combustible	4306296	1	10

Tabla 6 Tasa de Fallas de partes y/o respuestos de un calentador de crudo

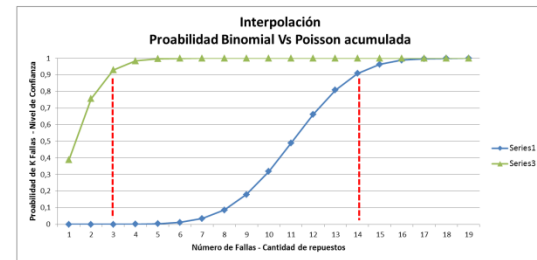
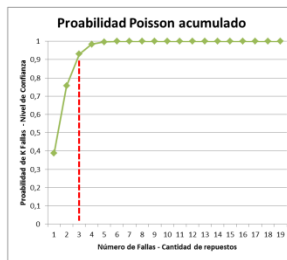
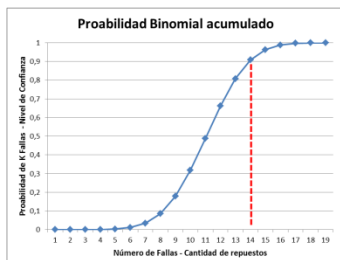
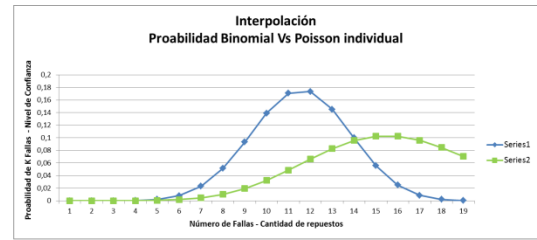
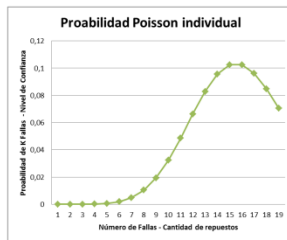
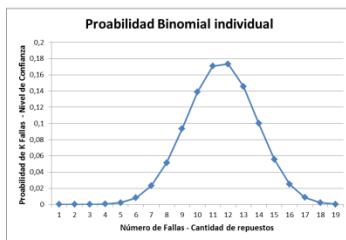
Nº de artículo	Descripción de la función del instrumento	Codigo Stock de ECP	Número de fallas por año	Número Piezas en Servicio
GAUGE, PRESSURE, RECORDING, PRESSURE REG. 1/2" MAXITROL, Ref 325-3, Rango de 0 - 15 InH ₂ O	Indicar y/o visualizar la presión de gas combustible en sitio en cada línea de gas combustible	2884567	4	10
Transformadores Allanson de 120V - 6000V	Este componente es el encargado de elevar la tensión para que la bujía pueda generar la	3964681	1	10
Controladores Bomer Control con Display Marca HONEYWELL Ref RM7840L	Este componente es el encargado de controlar el sistema de encendido de los tubos de fuego	2914752	1	5
PRINTED CIRCUIT BOARD, TARJETA DE PURGA DE 30 SEGUNDOS PARA CONTROLADOR ELECTRONICO DE LLAMA	encargado de transmitir los valores de las variables de operación (Flujo, Temperatura, presión y nivel)	2914737	1	5
Base para modulador Ref RM7840L1018	encargado de transmitir los valores de las variables de operación (Flujo, Temperatura, presión y nivel)	4304788	1	5
FUENTE ALIMENTACION 85 - 235 VAC, REF 1756-PA75	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	4265724	1	5
COMPACT FLASH, REF 1784-CF64	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	4213823	1	5
MODULO COMUNICACION ETHERNET, REF 1756-ENBT	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	3624798	1	5
MODULO DE 8 ENTRADAS ANALOGAS, REF 1756-IF8	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	4265955	1	5
MODULO DE 8 SALIDAS ANALOGAS, REF 1756-OF8	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	3579323	1	5
MODULO DE 32 ENTRADAS DIGITALES DE 24 VDC, REF 1756-IB32	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	3579299	1	5
MODULO DE 16 SALIDAS POR RELE AISLADO, REF 1756-OW16I	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	3579315	1	5
BLOQUE TERMINAL DE 36 PINES, REF 1756-TBCH	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	4213922	1	5
PANTALLA DE OPERACION PANELVIEW 1000. PUERTO ETHERNET, REF 2711P-	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	4508271	1	5
FUENTE 24 VDC, REF 1606-XLP72E	este componente es un accesorio de PLC encargado de transmitir los valores de las	5664867	1	5

Una vez identificada y organizada la tasa de falla de cada componente se procede a realizar la simulación con la ayuda de la herramienta de Microsoft Excel para cada uno de los diferentes partes y repuestos que tiene el calentador de crudo con los modelos de distribución Binomial y de Poisson.

Para este caso de estudio se mostrara las graficas de la simulacion por los primeros cuatro articulos para un nivel de confianza mayor al 95%, el resto se visualizara en la tabla

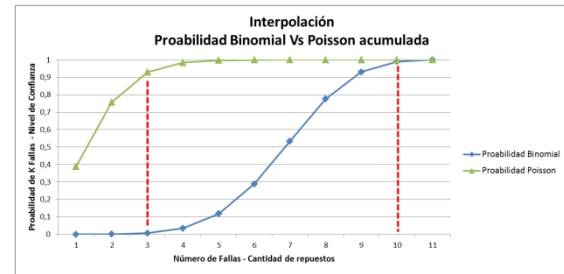
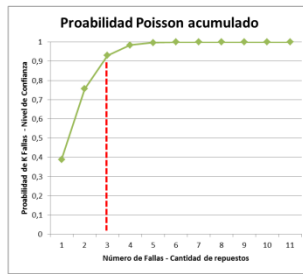
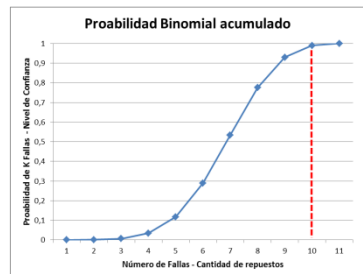
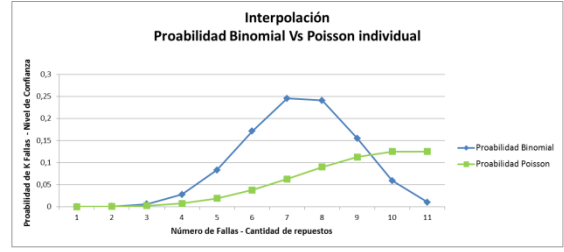
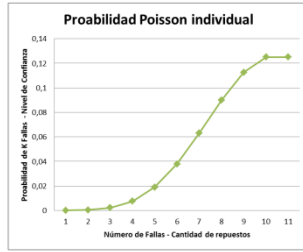
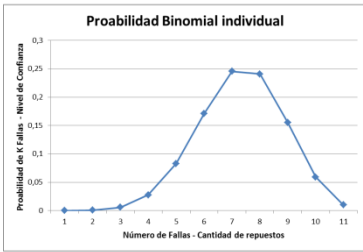
Item No.1:

n= 20 repuestos; k = numero de fallas; p = 0,4723665; q = 0,527633; n Λ t =(20x3x2160)/ 8760						
Numero de Piezas en servicio	Numero de Fallas	Numero de éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
			Probabilidad de exactamente k fallas		Probabilidad de k o menos fallas	
n	k	n-k	Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
20	0	20	3,05902E-07	3,05902E-07	3,059E-07	0,38905794
20	1	19	6,83386E-06	4,58853E-06	7,1398E-06	0,75633914
20	2	18	7,25175E-05	3,4414E-05	7,9657E-05	0,929700825
20	3	17	0,000486012	0,00017207	0,00056567	0,984253529
20	4	16	0,002307221	0,000645263	0,00287289	0,997128335
20	5	15	0,008246932	0,001935788	0,01111982	0,999559168
20	6	14	0,023029558	0,00483947	0,03414938	0,99994163
20	7	13	0,051448035	0,010370294	0,08559742	0,999993209
20	8	12	0,093384615	0,0194443	0,17898203	0,99999296
20	9	11	0,139080823	0,032407167	0,31806285	0,99999934
20	10	10	0,17088861	0,048610751	0,48895146	0,99999994
20	11	9	0,173529619	0,066287387	0,66248108	1
20	12	8	0,145374441	0,082859234	0,80785552	1
20	13	7	0,099928156	0,095606809	0,90778368	1
20	14	6	0,055809876	0,102435867	0,96359356	1
20	15	5	0,024935853	0,102435867	0,98852941	1
20	16	4	0,008704171	0,096033625	0,99723358	1
20	17	3	0,002287661	0,084735551	0,99952124	1
20	18	2	0,000425886	0,07061296	0,99994713	1



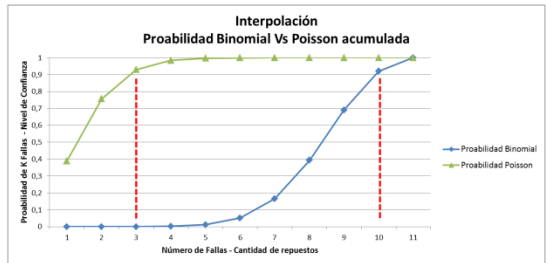
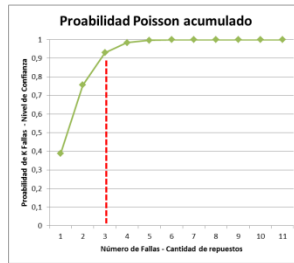
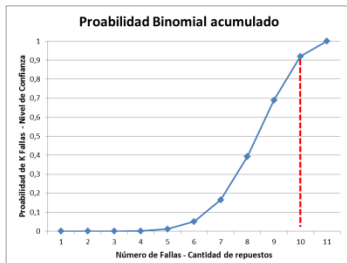
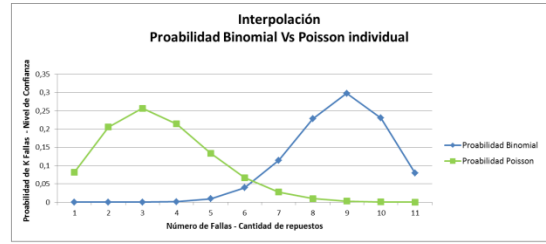
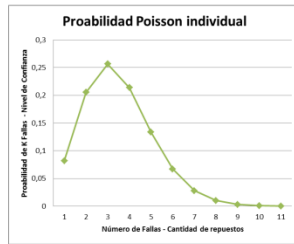
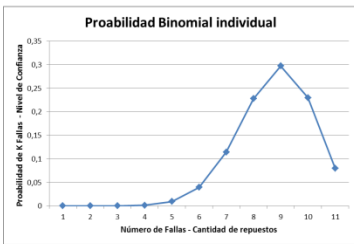
Item No.2:

n= 10 repuestos; k = numero de fallas; p = 0,6065; q = 0,632121; $n \wedge t = (10 \times 4 \times 2160) / 8760$						
Numero de Piezas en servicio	Numero de Fallas	Numero de éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
			Proabilidad de exactamente k fallas		Proabilidad de k o menos fallas	
n	k	n-k	Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
10	0	10	4,53999E-05	4,53999E-05	4,54E-05	0,38905794
10	1	9	0,000780099	0,000453999	0,0008255	0,75633914
10	2	8	0,006031933	0,002269996	0,00685743	0,929700825
10	3	7	0,027638828	0,007566655	0,03449626	0,984253529
10	4	6	0,083109767	0,018916637	0,11760603	0,997128335
10	5	5	0,171367203	0,037833275	0,28897323	0,999559168
10	6	4	0,245380959	0,063055458	0,53435419	0,99994163
10	7	3	0,24093351	0,090079226	0,7752877	0,999993209
10	8	2	0,155246877	0,112599032	0,93053458	0,999999296
10	9	1	0,059279531	0,125110036	0,98981411	0,999999934
10	10	0	0,010185894	0,125110036	1	0,999999994



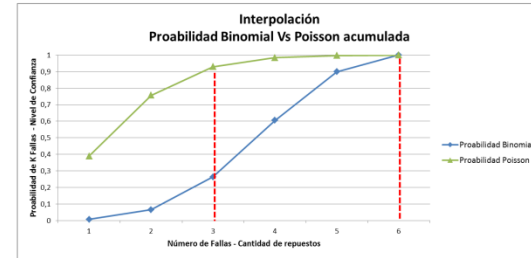
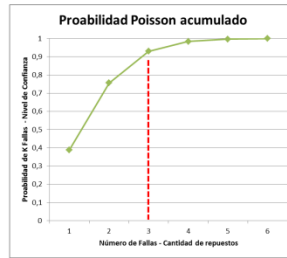
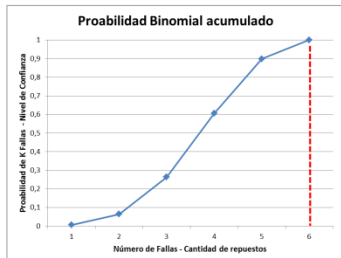
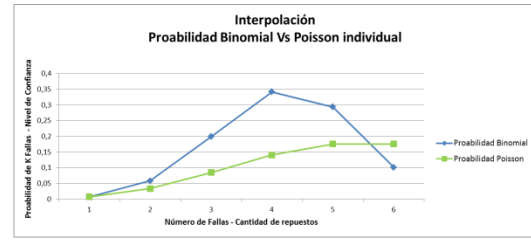
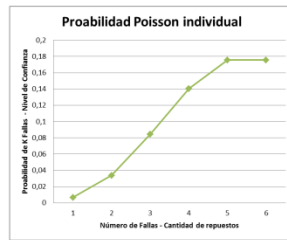
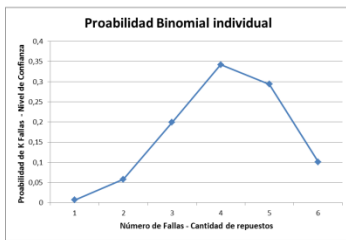
Item No.3:

n= 10 repuestos; k = numero de fallas; p = 0,778800783; q = 0,22119922; n \lambda t =(10x3x2160)/ 8760						
Numero de Piezas en servicio	Numero de Fallas	Numero de éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
			Proabilidad de exactamente k fallas		Proabilidad de k o menos fallas	
n	k	n-k	Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
10	0	10	3,05902E-07	0,082084999	3,059E-07	0,38905794
10	1	9	1,06506E-05	0,205212497	1,0956E-05	0,75633914
10	2	8	0,000166869	0,256515621	0,00017783	0,929700825
10	3	7	0,001549294	0,213763017	0,00172712	0,984253529
10	4	6	0,009439783	0,133601886	0,0111669	0,997128335
10	5	5	0,039439666	0,066800943	0,05060657	0,999559168
10	6	4	0,114430546	0,027833726	0,16503711	0,99994163
10	7	3	0,227663761	0,009940617	0,39270088	0,99993209
10	8	2	0,297245411	0,003106443	0,68994629	0,99999296
10	9	1	0,229981356	0,000862901	0,91992764	0,99999934
10	10	0	0,080072357	0,000215725	1	0,99999994



Item No.4:

n= 5 repuestos; k = numero de fallas; p = 0,367879441; q = 0,632120556; $n \lambda t = (5 \times 3 \times 2160) / 8760$						
Numero de Piezas en servicio	Numero de Fallas	Numero de éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
			Probabilidad de exactamente k fallas		Probabilidad de k o menos fallas	
n	k	n-k	Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
5	0	5	0,006737944	0,006737947	0,00673794	0,38905794
5	1	4	0,057888443	0,033689735	0,06462639	0,75633914
5	2	3	0,198937346	0,084224337	0,26356373	0,929700825
5	3	2	0,341830471	0,140373896	0,6053942	0,984253529
5	4	1	0,293680581	0,17546737	0,89907479	0,997128335
5	5	0	0,100925214	0,17546737	1	0,99959168



Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock ECP	Número piezas en servicios	Tasa de fallas por año	Número fallas	Número éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
							Probabilidad de exactamente		Probabilidad de k o menos	
							Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
1	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 300CMA12-BC22-BB23BO	5502190	20	3	3	17	0,00048601	0,00017207	0,057%	98,43%
					14	6	0,05580988	0,10243587	96,36%	100,00%
2	Blowers (ventilador de tiro inducido), Modelo 6V92	2033835	10	4	3	1	0,02763883	0,00757	3,45%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
3	Válvula de shut-down, marca Maxon, Ref. 100SMA22-FC22-BB23BO	5502208	10	1	3	7	0,00154929	0,21376302	0,173%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%
4	Transmisor de flujo ultrasónico, marca PANAMETRIC modelo XMT868i, con dos (2) sensores 401, cables, anclaje y riel de 24"	4548350	5	4	3	2	0,34183047	0,14037	60,54%	98,43%
					5	0	0,10092521	0,17546737	100,00%	99,96%
5	Pantalla de operacion panelview 1000. puerto ethernet, REF 2711P-K10C4A6	4508271	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
6	Transmisor presión diferencial Marca Resomount Modelo 3051S1CD2A2A11A1AE5M5T1	4571808	10	2	3	7	0,2207489	0,14037	39,88%	98,43%
					7	3	0,03908999	0,10444486	98,90%	100,00%
7	Regulador de gas natural de alta, marca Fisher modelo 133H, , Referencia resorte 10A9440X012 (Color amarillo), Rango 2 a 5 Psi	2728210	10	4	3	7	0,02763883	0,00756665	3,450%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
8	Transmisor presión manométrica(gas piloto), Marca Resomount Modelo 3051TG2A2B2AB4M5Q4T1	5682364	10	4	3	7	0,02763883	0,00757	3,45%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
9	Housing, blower housing, model 5131/6131-CCR AND, 6131-CL6	4214920	10	1	3	7	0,00154929	0,21376302	0,173%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%
10	Transducer, ultrasonic test liquid clamp-on transducers c-rs: model 402 operating frequency process:1 MHz temperature range: -40 TO 150 C	4136669	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
11	Modulo de 8 salidas analogas, REF 1756-OF8	3579323	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
12	Modulo comunicacion ethernet, REF 1756-ENBT	3624798	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
13	Base para modulador Ref. RM7840L1018	4304788	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
14	Regulador de gas natural de baja, marca Fisher modelo 133L, Referencia resorte 1D892527022 (Color café). Rango 2 a 4 duleadas de aeua	3817350	10	2	3	7	0,2207489	0,14037	39,88%	98,43%
					7	3	0,03908999	0,10444486	98,90%	100,00%
15	Transmisores de temperatura (2 para termocupla y 3 para RTD), marca Rosemount modelo 3144P	1718212	10	6	3	7	0,00154929	0,00017207	0,173%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,04861075	100,00%	100,00%
16	Fuente alimentación 85 – 235 VAC, REF 1756-PA75	4265724	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
17	Controladores Borner Control con Display Marca HONEYWELL Ref. RM7840L	2914752	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
18	Clamp model: universal clamping fixture type: universal clamping fixture with	4369849	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
19	Modulo de 8 entradas analogas, REF 1756-IF8	4265955	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
20	Fotocelda+B46 ultravioleta, marca HONEYWELL Ref. C7061A1012	4304911	10	6	3	7	0,00154929	0,00017	0,17%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,04861075	100,00%	100,00%
21	Kit de repuesto para Blowers, Modelo 6V92	4119178	10	4	3	7	0,02763883	0,00756665	3,450%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
22	Moduladores de llama, marca HONEYWELL-72 MODULTROL IV 4,20 ma	2927481	10	4	3	7	0,02763883	0,00757	3,45%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
23	Modulo de 16 salidas por rele aislado, REF 1756-OW16I	3579315	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
24	Manifold de 2 vías marca rosemount modelo 306, marca rosemount	4306296	10	1	3	7	0,00154929	0,21376	0,17%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%
25	Modulo de 32 entradas digitales de 24 VDC, REF 1756-IB32	3579299	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%

Tabla 7 Correlacion Distribución Binomial – Distribución Poisson

Ítem No.	Descripción de componente	Código Stock ECP	Número piezas en servicios	Tasa de fallas por año	Número fallas	Número éxitos	Valores individuales		Valores acumulados	
							Probabilidad de exactamente		Probabilidad de k o menos	
							Binomial	Poisson	Binomial	Poisson
26	Transformadores Allanson de 120V – 6000V	3964681	10	1	3	7	0,00154929	0,21376	100,00%	100,00%
					10	0	0,08007236	0,00021573		
27	Solenoides de dos(2) vías, conexión 1/2"NPT, 110 VAC, Normalmente cerrada	758813	10	1	3	7	0,00154929	0,21376302	0,173%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%
28	Capuchones de 90° para bujía	4215372	10	1	3	7	0,00154929	0,21376	0,17%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%
29	Compact Flash, REF 1784-CF64	4213823	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
30	Gauge, pressure, recording, pressure REG. 1/2" MAXITROL, Ref. 325-3	2884567	10	4	3	7	0,02763883	0,00757	3,45%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
31	Meter, flow rate indicating, flowmeter cables, cable: pair of coaxial cables 10 feet pair connector: bnc connector	5518097	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
32	Switch de posición on/off, marca HONEYWELL	798629	10	6	3	7	0,00154929	0,00017	0,17%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,04861075	100,00%	100,00%
33	Indicador de Presión manométrica, rango 0-100 psi, caratula 4-1/2", caja metálica, conexión a proceso de 1/2" NPT, conexión vertical (LOW), con glicerina	2818706	10	4	3	7	0,02763883	0,00756665	3,450%	98,43%
					9	1	0,05927953	0,12511004	98,98%	100,00%
34	Bloque terminal de 36 pines, REF 1756-TBCH	4213922	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
35	Fuente 24 VDC, REF 1606-XLP72E	5664867	5	1	3	2	0,06564528	0,09326328	99,015%	98,43%
36	Printed circuit board, tarjeta de purga de 30 segundos para controlador electrónico de llama	2914737	5	1	3	2	0,06564528	0,09326	99,01%	98,43%
37	Cable para termocupla tipo K	2979680	10	1	3	7	0,00154929	0,21376302	0,173%	98,43%
					10	0	0,08007236	0,00021573	100,00%	100,00%

Continuación Tabla 8 Correlación Distribución Binomial – Distribución Poisson

CONCLUSIONES

1. Cuanto mayor es el tiempo de entrega, mayor es el nivel total de inventario. De hecho, el inventario total incluye tanto las existencias disponibles como aquellas pedidas. Tiempos de entrega más prolongados también aumentan la dependencia que la empresa; en este caso la Superintendencia de Operaciones Castilla – Chichimene SCC de Ecopetrol S.A., que hace los pedidos, tiene de los pronósticos precisos. De hecho, cuando se encuentra disponible la entrega al día siguiente, una orden errónea (demasiado grande o demasiado pequeña) puede corregirse con 2 o 3 días aplicando medidas correctivas. En el caso de envíos de ultramar que son por lo general artículos de importación, las órdenes incorrectas pueden afectar a la SCC por 6 meses o más tiempo.
2. La optimización del inventario es la parte más crítica al interior de toda empresa para poder mantener los costes bajo control dentro de la cadena de suministro. Es ahí donde el equilibrio de un parámetro bien seleccionado toma realmente importancia; entre la clasificación de los materiales según el volumen de compras (que mide la importancia de un artículo) y el impacto de las situaciones por faltas de existencias en la actividades diarias de una empresa de cualquier índole, influyen y marca el rumbo en la estrategia de inventario de cualquier bodega de materiales.
3. Si el mundo fuese determinista, es decir; si no hubiese variación, la gestión de inventarios no resultaría demasiado compleja. La presencia de variación en la demanda y tiempo de reposición obliga, sin embargo, al uso del pensamiento estadístico o estocástico que se encarga del estudio de las variables aleatorias indexadas en el tiempo. Los sistemas de gestión de inventarios diseñados basados en modelos determinista, tienen en cuenta sólo promedios de estas variables y son de utilidad limitada que permite un acercamiento muy básico en cierta forma.
4. Haciendo un paralelo a partir de las gráficas obtenidas por los modelos estocásticos de estimación de parámetros de reposición basados en la Distribución Binomial y de Poisson. Se puede afirmar que la Distribución Binomial es más conservador que el de Poisson a la hora de asignar parámetros de reposición; sin embargo el método de Poisson es más ajustado que el binomial y describe bien la demanda de los materiales que se mueven lentamente, siendo esta la principal característica de los materiales y repuestos usados en mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

Available from internet:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache.googleusercontent.com/search?q=cache:LThxH_Bu4egJ:WWW:investigacion-operaciones.com/modelo%2520inventarios.htm+clasificaiion+abc+de+inventarios&cd=3&hl=es&ct=cink&gl=co&ir=lang_es>

BEN-DAYA, Mohamed. DUFFUAA, salih. RAOUF, abdul. KNEZEVIC, jezdimir. Handbook of maintenance management and engineering. Londres: springer, 2009, 739p.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter, Administración de la cadena de suministros: Estrategia, Planeación y Operación. 3 ed. México: Pearson educación. P 51-52.

DUFFUAA, salih. RAOUF, abdul. DIXON, John. Sistemas de Mantenimiento: planeación y control. México: Editorial Limusa wiley, 2006, 420p.

ECOPETROL S.A; política para administración de catálogo, inventarios y bodegas de materiales. ECP – VFA – D-04. P3-11.

GONZALEZ FERNANDES, francisco Javier. Auditoria del Mantenimiento e indicadores de gestión. Madrid: Fundación Confemetal, 2004, 259p.

KELLY, Anthony. Strategic Maintenance Planning. Oxford: Elsevier Ltd, 2006, 284p.

MARTÍN Pliego, F.J. (2004). Introducción a la Estadística Económica y Empresarial. (Ed.) Thomson. Madrid.

MENDENHALL, W.; Reinmuth, J.E. (1978). Estadística para administración y economía. (Ed.) Grupo Editorial Iberoamericana. ISBN 968-7270-13-6.

MITCHEL, John. Physical Asset Management Handbook. Houston: clarion Technical Publishers, 2007, 433p.

MOBLEY, Keith. Maintenance Engineering Handbook. New York: McGraw-Hill, 2008, 1244p.

MONCRIEF EUGENE, RONALD SCHRODER, MICHAEL REYNOLDS. Optimizing the MRO Inventory Asset. Production Spare Parts. Industrial Press Inc. 2006.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industrias o de servicios. Medellín: AMG, 2006, 308p.

PARRA CARLOS, CRESPO ADOLFO. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos. Ingeman. 2012.

PEÑA, D. (2001). Fundamentos de Estadística. (Ed.) Alianza Editorial, S.A. Madrid. ISBN: 84-206-8696-4.

ROMERO, R y Zúñica, L.R. (2000). Introducción a la Estadística. (Ed.) SPUPV 4071.

SLATER PHILLIP. Smart Inventory Solution. 7 Actions for MRO and Indirect Inventory Reduction. Industrial Press Inc. 2007.

SLATER PHILLIP. Smart Inventory Solution. Improving the Management of Engineering Materials and Spare Parts.. Industrial Press Inc. 2010.

UÑA Juárez, I; Tomero, V; San Martín, J. (2003). Lecciones de cálculo de probabilidades. (Ed.) Thomson Editores Spain. ISBN 84-9732-193-6.

ANEXOS

Anexo A. Plot Plan Estacion Chichimene

