



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

PETROLEOS MEXICANOS: Complejo Petroquímico “Cangrejera”

Informe Técnico de Residencia Profesional

Proyecto:

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DEL SECTOR
PLANTAS QUÍMICAS DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO
CANGREJERA.**

Presenta:

OLGER WONG SANCHEZ

Asesores:

Interno: ING. JORGE CIRO JIMENEZ OCAÑA

Externo: ING. PORFIRIO RODRÍGUEZ MORENO

Revisores:

ING. JUAN JOSÉ SOLÍS ZAVALA.

ING. RODRIGO FERRER GONZÁLEZ.

Tuxtla Gtz., Chiapas a 31 de Mayo del 2012.

ÍNDICE

1. Introducción.....	3
2. Justificación.....	5
3. Objetivos.....	6
4. Caracterización del Área en que Participo.....	7
5. Problemas a Resolver, Priorizándolos.....	8
6. Alcances y Limitaciones.....	9
7. Fundamento Teórico.....	10
8. Procedimiento y Descripción de las Actividades Realizadas.....	26
9. Resultados, Planos, Gráficos, Prototipos y Programas.....	29
10. Conclusiones.....	54
11. Referencias Bibliográficas y Virtuales.....	56
12. Anexo.....	57

1. INTRODUCCIÓN

El Complejo Petroquímico Cangrejera se localiza al sureste de la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz; aproximadamente a 5 kilómetros del Centro Embarcador y de la Terminal Marítima Pajaritos, los cuales son los centros de distribución nacional y de exportación de los productos que elabora.

Actualmente opera con 16 plantas activas, las cuales se encuentran dirigidas a una cadena de derivados de Etileno y otra de Aromáticos, obteniendo como productos principales el Polietileno de Baja Densidad, Estireno, **Óxido de Etileno**, Benceno, Tolueno entre otros.

En la planta de óxido de etileno el producto final se obtiene principalmente por el proceso de oxidación catalítica del etileno con oxígeno, en presencia de un catalizador de óxido de plata.

El óxido de etileno se utiliza en un alto porcentaje como materia prima en la producción de etilenglicol, fibras poliéster, agentes surfactantes no iónicos, etanolaminas, colina, cloruro de etileno y como gas esterilizador en el medio hospitalario e industrial [1].

En el presente trabajo se evaluará el desempeño operativo de la planta de óxido de etileno, esto consiste en la aplicación de un análisis de criticidad en procesos y equipos propuesto por la dirección corporativa de operaciones de PEMEX para determinar la jerarquía de la criticidad de acuerdo a su impacto total en el proceso, seguridad, medio ambiente, operación y costos. También, el establecimiento de ventanas operativas del proceso que establecen rangos de operación controlados en un proceso industrial; donde los insumos son transformados en productos a través de una operación segura y responsable, optimizada económicamente, sin interrupciones o paros no planeados y permitiendo maximizar el ciclo de vida de los activos.

Por último, se realizará una simulación del sistema de absorción del proceso de producción de óxido de etileno en el simulador termodinámico HYSYS, el cual permite el modelado de procesos para el diseño conceptual, la optimización, gestión de activos y supervisión del rendimiento de una planta [2]. La simulación del sistema de absorción permitirá hacer una comparación con la operatividad del sistema en la planta.

2. JUSTIFICACIÓN.

Haciendo énfasis en la importancia que tiene el desarrollo de una evaluación del desempeño operativo en cualquier proceso industrial, realizarlo en la planta de óxido de etileno del complejo petroquímico cangrejera permitirá obtener información sobre la operatividad del proceso que puede ser utilizada para optimizar y aumentar la seguridad en el mismo.

Un elemento clave de la Seguridad de los Procesos es mantener la integridad mecánica de los activos, entendiendo que esto se alcanza cuando un activo se desempeña, opera y mantiene como fue especificado en el diseño, de forma tal que el riesgo a las personas, al medio ambiente y a otros activos se minimiza y se mejora la imagen de la empresa [3].

Llevar a cabo un procedimiento para la determinación y clasificación de equipos críticos en función en su impacto en la seguridad, producción, medio ambiente y calidad de los productos, nos permitirá facilitar la toma de decisiones en caso de fallas y tener en cuenta los equipos clave del proceso.

También la aplicación de ventanas operativas en el proceso permitirá un mejor control del conjunto de condiciones y variables que intervienen en la operación de una instalación, ajustadas a rangos que permiten operar de manera confiable y segura. Las condiciones esperadas de operación son los valores de las variables de proceso que aseguran una operación estable, al estar la operación fuera de estos valores se causa inestabilidad, que de mantenerse puede llevar a los equipos o instalaciones fuera de sus límites seguros de operación.

Por último la realización de una simulación del sistema de absorción del proceso en el software Hysys permitirá hacer una comparación con los resultados de operación del sistema en la planta y la supervisión del rendimiento de la misma.

3. OBJETIVOS

3.1.- Objetivo General

- Determinar los equipos críticos, ventanas operativas del proceso y el desarrollo de una simulación del sistema de absorción de la planta de óxido de etileno.

3.2.-Objetivos Específicos

- Determinar la jerarquía de la criticidad con base en la metodología del cálculo de análisis de criticidad en procesos, sistemas y equipos propuesto por *Petróleos Mexicanos* en: Alta criticidad, Media criticidad y baja criticidad.
- Establecer puntos críticos de control para los equipos de mayor criticidad (Temperatura, presión, flujo, PH, concentración, etc.); además de determinar los límites de operación de los puntos críticos de control mediante la aplicación del control estadístico de procesos y realizar gráficos de control de dichas variables.
- Realizar una simulación del sistema de absorción del proceso de obtención de óxido de etileno con el simulador termodinámico HYSYS y compararlo con datos de operación de la planta.

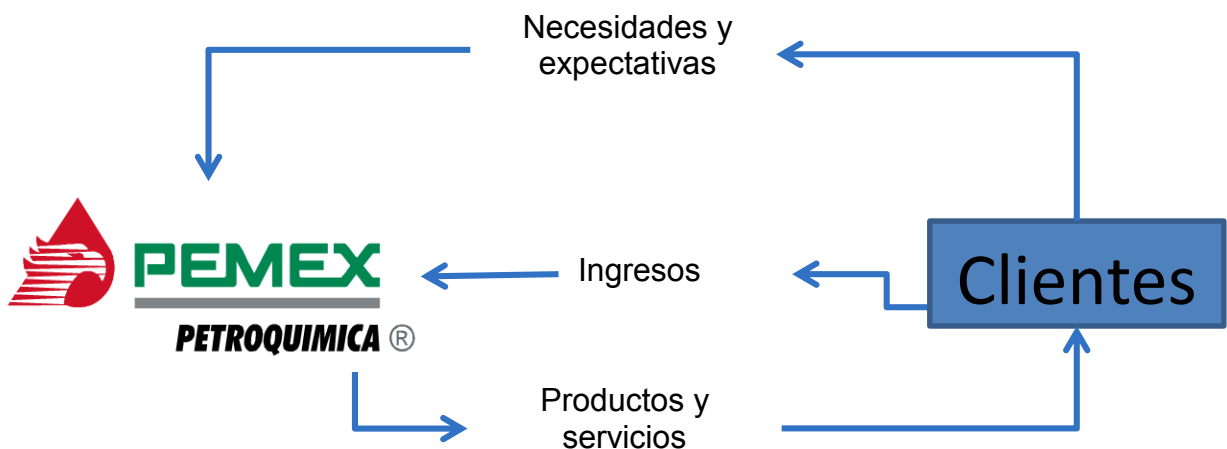
4. CARACTERIZACIÓN DEL AREA EN QUE PARTICIPO

- Lugar:

Complejo Petroquímico “La Cangrejera”. Ejido Pajaritos Allende a 7 km de la carretera Coatzacoalcos – Villahermosa S/N.

- Misión:

Somos una empresa que elabora, comercializa y distribuye productos petroquímicos selectos, en crecimiento continuo y maximizando su valor económico, con calidad, seguridad, respeto al medio ambiente, a su entorno social y promoviendo el desarrollo integral de su personal.



- Visión:

Ser una empresa de clase mundial, líder en el mercado, rentable, segura, confiable y competitiva, reconocida por la calidad de sus productos; con una arraigada cultura de servicio al cliente, respetuosa del medio ambiente, cuidadosa de sus relaciones con la comunidad y promotora del desarrollo integral de su personal.

5. PROBLEMAS A RESOLVER

- Un elemento clave de la Seguridad de los Procesos es mantener la integridad mecánica de los activos, entendiendo que esto se alcanza cuando un activo se desempeña, opera y mantiene como fue especificado en el diseño, de forma tal que el riesgo a las personas, al medio ambiente y a otros activos se minimiza.

Una evaluación del desempeño operativo de la planta de óxido de etileno que contenga un análisis de criticidad de activos y la aplicación de ventanas operativas del proceso permitiría facilitar la toma de decisiones en caso de falla y un mejor manejo de los puntos críticos de control del proceso en la planta.

- Una simulación del sistema de absorción del proceso de producción de óxido de etileno permitirá hacer una comparación con la operatividad del sistema en la planta, para posteriormente realizar una gestión de activos y una supervisión del rendimiento.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

- Se determinará la jerarquía de la criticidad de equipos en la planta de óxido de etileno con base a la metodología del cálculo de análisis de criticidad en procesos, sistemas y equipos propuesto por Petróleos Mexicanos en:
 1. Alta criticidad.
 2. Media criticidad.
 3. Baja criticidad.
- Para los activos de mayor criticidad se establecerán puntos de control críticos, los cuales, son las variables de la planta y sus equipos (temperatura, presión, diferencia presión/ temperatura, flujo, PH, velocidad de inyección de químicos, concentración, etc.), que deben ser monitoreadas y controladas frecuentemente, para garantizar que sean confiables y tengan el mejor desempeño.
- Se determinarán los límites de operación de los puntos críticos de control mediante la aplicación del control estadístico de procesos y se realizarán gráficos de control de dichas variables con fines para su monitoreo.
- Se realizará una simulación del sistema de absorción del proceso de obtención de oxido de etileno en el simulador termodinámico HYSYS y se comparara con la operatividad de dicho sistema en la planta.

7. FUNDAMENTO TEÓRICO.

7.1.- Descripción de la planta.

El óxido de etileno se produce por la oxidación catalítica parcial del etileno con oxígeno a temperatura y presión elevadas [6]. El óxido es recuperado de los gases del reactor por lavado con agua y luego se remueve la solución diluida por agotamiento. Con objeto de remover los gases no condensables del óxido, el óxido de etileno se vuelve a absorber en agua a baja presión.

El equipo al que se refiere esta descripción se muestra en el diagrama de flujo de proceso del anexo 1.

7.1.1.- Carga de etileno

La carga de etileno se suministra en límite de Baterías de la planta a 23 Kg/cm² man y a 37.5°C. El etileno de carga se inyecta a la corriente de gas de reciclo por medio de un rociador especial en un punto corriente arriba del compresor de gas de reciclo.

7.1.2.- Carga De Gas BALLAST

El nitrógeno se usa como gas de lastre o gas BALLAST en la corriente de gas de reciclo. El gas BALLAST sirve a un doble propósito: (1) provee un diluyente inerte en la corriente de gas de reciclo para mantener las concentraciones del oxígeno y del etileno dentro de los límites de operación seguros; (2) el nitrógeno tiene una alta capacidad térmica, por lo que, efectivamente remueve una porción del calor de reacción en la zona del reactor.

7.1.3.- Carga de oxígeno

a).- Diseño del sistema mezclador

El oxígeno se suministra en el sistema de gas de reciclo por medio de una Estación Mezcladora de Oxígeno. La inyección de oxígeno es corriente abajo. En

las condiciones de diseño, aproximadamente el 70% del flujo de oxígeno se inyecta a través del rociador mayor y el 30% a través del rociador menor [4]. La mezcla en el sistema de gas de reciclo ocurre por dos métodos: mezcla normal debida a la turbulencia de la tubería y mezcla debida a arrastre de gas pobre de circulación por la alta velocidad de los chorros del oxígeno.

b).- Control de carga.

El oxígeno se suministra en límite de baterías a una presión mínima normal de 31 kg/cm² man y a temperaturas de ambiente normal. El oxígeno pasa a través de uno de los filtros donde se lleva a cabo el control de la carga.

7.1.4.- Reactor, compresión del gas de reciclo y sistema de gas de reciclo

A) Reactores

Cada reactor de óxido de etileno contiene 13,500 tubos de acero al carbón de 1 pulgada de diámetro exterior que están empacados con catalizador. El reactor opera a una presión promedio de cerca de 21 kg/cm² man y temperaturas de salida entre 244°C. Para catalizador nuevo y aproximadamente 282°C para catalizador viejo [4].

La mezcla rica de gas de reciclo que contiene etileno y oxígeno entra a la parte superior del reactor cerca de 204°C y se calienta a la temperatura de reacción con aceite caliente que se circula a través de la coraza del reactor. El calor de reacción se remueve con el mismo aceite caliente, y el gas de reciclo que contiene hasta 1.5 mol % de óxido de etileno sale del fondo del reactor a 18.8 kg/cm² man y 244°C.

B) Compresión del gas de reciclo:

El compresor de gas de reciclo es un compresor centrífugo de una sola etapa movido directamente por una turbina de vapor que usa vapor sobrecalentado de 43.6 kg/cm² man. a 400°C. El compresor está diseñado para descargar 675,008 kg/hr de gas (peso molecular promedio 3.185) a 23.5 kg/cm² man de una presión de succión de 18.6 kg/cm² man [4].

El gas pobre de circulación del tanque knock-out de la torre lavadora se enriquece con etileno y gas ballast. Entonces se comprime con el compresor de gas de reciclo y se mezcla con gas del contactor de CO₂ y oxígeno antes de que se caliente a la temperatura de reacción (204° a 233°C.) en el lado de los tubos del intercambiador gas-gas, con el gas efluente del reactor correspondiente. Del intercambiador gas-gas, el gas fluye al reactor donde ocurre la reacción al contacto con el catalizador impregnado de plata en los tubos. El gas saliente del reactor que contiene los productos de la reacción de oxidación, pasa por la coraza del intercambiador gas-gas en donde se enfría con el gas de alimentación al reactor. El gas enfriado pasa a la torre lavadora, donde el óxido de etileno se absorbe con agua de la corriente de gas. El gas de reciclo efluente de la torre lavadora de la parte superior de esta fluye al recipiente separador tanque knock-out en la base de la lavadora y de ahí a la succión del compresor de gas de reciclo. Algo de agua arrastrada separada en el tanque knock-out fluye a la columna agotadora por control de nivel.

7.1.5.- Sistema de carga auxiliar

La carga auxiliar, también llamada inhibidor es un sistema que proporciona una adición medida de dicloroetano (DCE) y mezcla de nitrógeno, a la corriente de gas de reciclo a cada reactor. La carga auxiliar aumenta la selectividad del catalizador de manera que la proporción de óxido de etileno formado por la oxidación se incrementa en relación con la formación de otros productos.

7.1.6.- Sistema de aceite caliente

El sistema de aceite caliente se usa para remover el calor de reacción del reactor. El aceite caliente se circula por el sistema del reactor con el uso de dos bombas de aceite caliente. Al salir de las bombas, parte del aceite caliente fluye al enfriador de la caldereta, en donde se quita calor generando vapor de 21 kg/cm² man. El aceite caliente enfriado y el aceite caliente desviado se mezclan en la salida de la caldereta y fluyen hacia abajo a través del reactor por el lado de la coraza para absorber el calor de la reacción.

Es posible operar el reactor al 50% de capacidad con solamente una bomba trabajando, pero no si ambas bombas están fuera de operación.

7.1.7.- Sistema de remoción de bióxido de carbono

El CO_2 gaseoso, un producto secundario de la reacción en cantidades substanciales debe removerse tan rápidamente como se esté produciendo con objeto de conservar la concentración constante. Esta eliminación de CO_2 se logra haciendo reaccionar el CO_2 con carbonato de potasio para formar bicarbonato de potasio en el contactor del sistema de eliminación de CO_2 . El gas de reciclo de la descarga de la del compresor se manda al contador de CO_2 , donde parte del CO_2 se elimina del gas rico. El gas pobre se regresa al sistema de gas de reciclo.

7.1.8.- Sistema de agua de circulación

El óxido de etileno que se produce en los reactores se absorbe en agua conocida como agua pobre de circulación, en la lavadora. La relación de flujo del agua pobre de circulación a la lavadora siempre esta controlada.

La presión en la lavadora es lo bastante alta para que el agua fluya a la columna de agotamiento simplemente por diferencia de presión. El agua de circulación rica, que contiene óxido de etileno mas otros gases disueltos (CO_2 , N_2 , O_2 , C_2H_4 , Argón) se calienta hasta cerca del punto de ebullición ($100\text{ }^\circ\text{C}$) en el intercambiador de agua de circulación, con el agua pobre caliente que viene de la columna de agotamiento.

7.1.9.- Agotamiento

El agua de circulación rica entra entonces a la parte superior de la columna de agotamiento en donde virtualmente todo el oxido de etileno y algo de agua se separan. El efluente del fondo de la columna agotadora agua pobre, se bombea con las bombas de agua de fondos del agotador, al lado de la coraza del intercambiador de agua de circulación donde se enfría a cerca de 69°C con el agua de circulación rica que va a la columna de agotamiento.

El agua de circulación pobre del agotador fluye al enfriador de agua de circulación, donde se enfría mas hasta 36°C.

Debido a la absorción continua de CO₂ y otros compuestos ácidos que se hacen en la reacción, el agua de circulación tiende a volverse altamente acida. La acides del agua se neutraliza con sosa caustica al 10% hasta un PH entre 6.5 – 7.5. Esta base proviene del tanque de almacenamiento que debe de permanecer lleno y con la concentración requerida.

La columna agotadora opera a una presión positiva relativamente baja (0.43 kg/cm².) la salida del domo de la columna que consiste de óxido de etileno, vapor de agua, bióxido de carbono y los gases no condensables que se absorbieron en la lavadora se pasan al condensador de la agotadora. El condensado fluye entonces a la reabsorbedora [4].

7.1.10.- Reabsorción

El vapor del condensador de la columna agotadora mas una corriente de la salida del domo del tanque de reflujo de la columna refinadora, entra al fondo de la reabsorbedora. Los vapores pasan ascendiendo por la sección empacada de la reabsorbedora donde el óxido de etileno se reabsorbe con agua de circulación enfriada en el intercambiador de carga/fondos de la columna de refinación.

Esta corriente de agua alimentada a la parte superior de la reabsorbedora se enfría a 36°C en el enfriador de agua de la reabsorbedora.

El óxido de etileno contenido en la carga de vapor a la reabsorbedora se absorbe con el agua de proceso que fluye descendiendo por el empaque y se recoge en el fondo de la columna. Para mejorar la absorción del óxido en la sección del fondo de la absorbedora, parte de la solución de los fondos es enfriada y recirculada de las bombas de los fondos de la reabsorbedora, de regreso a la parte superior de la cama de empaque del fondo. Del flujo de fondos recirculados a la reabsorbedora, parte se enfría en el lado de la coraza del enfriador de fondos de la reabsorbedora, mientras el resto se desvía alrededor del enfriador.

7.1.11.- Sistema de refinación

La columna refinadora, sirve para hacer una separación completa de agua y de óxido de etileno. La carga a la columna refinadora del fondo de la reabsorbedora se precalienta en el intercambiador de carga/ fondos de la columna refinadora, permutando con los fondos de la columna de refinación. La carga entra a la columna en el plato 17.

Los fondos de la columna de refinación consisten de agua y una pequeña cantidad de glicol. Estos se transfieren con la bomba de fondo de la columna refinadora a la parte superior de la reabsorbedora se enfrían de 143 a 96 °c.

Los vapores del domo de la columna refinadora, que consisten de óxido, aldehídos y CO_2 , fluyen al condensador de la columna refinadora, donde se condensa el óxido. Debido a que el CO_2 es altamente soluble en el óxido, la mayor parte del CO_2 del domo se disuelve en el óxido al condensarse. El producto condensado fluye por gravedad al tanque receptor de la columna refinadora y una porción se regresa al domo de la columna con las bombas de reflujo. El resto del oxido condensado se bombea a la parte superior del agotador de CO_2 .

Antes de entrar al enfriador de agua de la reabsorbedora, los fondos se enfrían a 96°C en el intercambiador de carga/fondos de la columna refinadora, intercambiando calor con la carga fría a la columna refinadora.

7.1.12.- Agotamiento de CO_2 :

El óxido de etileno que viene de las bombas de reflujo de la columna refinadora entra a la parte superior de la agotadora de CO_2 , para remover el CO_2 disuelto. El calor se suministra a la columna empacada con el rehervidor de la agotadora de CO_2 . Una corriente lateral de la descarga de las bombas de fondos de la columna refinadora se usa para proporcionar calor al rehervidor de Agotadora de CO_2 . Los fondos fríos de la columna refinadora se regresan corriente abajo del intercambiador carga / fondos de la columna refinadora.

7.2.- Evaluación de equipos críticos

Una evaluación de equipos críticos es el procedimiento para el cálculo del nivel de Criticidad para jerarquizar Instalaciones, Procesos, Sistemas o Equipos, en función de su impacto en la Seguridad, Producción, Medio Ambiente y la Calidad de los Productos [9].

Análisis de Criticidad (AC): Es la herramienta que permite establecer, bajo criterios homologados, niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes para ser clasificados como de alta, media o baja criticidad, de acuerdo a su impacto total en el proceso, obtenido de la influencia combinada de la probabilidad de ocurrencia de fallas y la severidad medida por sus consecuencias en la seguridad, medio ambiente, operación y costos, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Es considerada una técnica semi-cuantitativa de cuantificación del riesgo, sustentada primordialmente en la “opinión de expertos” [5].

Causa de Falla: Las causas de las fallas pueden ser físicas, humanas u organizacionales [10]. En general, pueden ser derivadas de procesos de deterioro por razones físicas o químicas, defectos de diseño, malas prácticas operacionales o de mantenimiento, baja calidad de materiales o refacciones, u otras razones organizacionales como: presiones en los objetivos de producción, cambios en el contexto operacional, alta rotación del personal, falta de difusión o inexistencia de procedimientos actualizados de operación y mantenimiento, ejecución de trabajos por personal no certificado, entre otros, que conducen a la falla.

Consecuencias de la Falla: Es el impacto en seguridad, higiene, medio ambiente, operaciones y costo de mantenimiento que provoca una falla en un Sistema, Instalación o Equipo [5].

Efecto de Falla: Es la consecuencia que un modo de falla tiene en la operación, función, o estatus de un ítem. Los efectos de falla son clasificados normalmente de acuerdo a cómo el sistema completo es afectado.

Falla: Cese de la capacidad de un ítem para realizar su función específica, es decir, el evento o estado inoperable, en el cual un ítem, o parte de él, no funciona o no funcionaría como previamente se especificó. Es equivalente al término avería.

Modo de Falla: Es la forma por la cual una falla es observada. Describe en forma general cómo la falla ocurre y su impacto en la operación del equipo.

Probabilidad de ocurrencia: Son los valores establecidos para determinar la probabilidad de ocurrencia de una falla.

Procedimiento de análisis de criticidad (AC)

- Análisis de Criticidad (AC), calcular el análisis de criticidad en cada instalación, sistema o equipo mediante la siguiente fórmula:

$$AC = P \times C$$

Donde:

AC = Análisis de Criticidad

P = Probabilidad de ocurrencia

C = Consecuencias de la falla

- Probabilidad de ocurrencia (P), establecer la probabilidad alta, media y baja, y dar un valor absoluto de 10, 5, 2, respectivamente.

Probabilidad	Frecuencia	Valor
ALTA	De 1 a 6 meses	10
MEDIA	De 7 a 23 meses	5
BAJA	De 24 meses o más	2

- Consecuencias de la falla (C), de la tabla de valores de consecuencia de la falla en la primera columna, establecer, a través de literales de "A" a "L", distintas ponderaciones con sus respectivos valores.

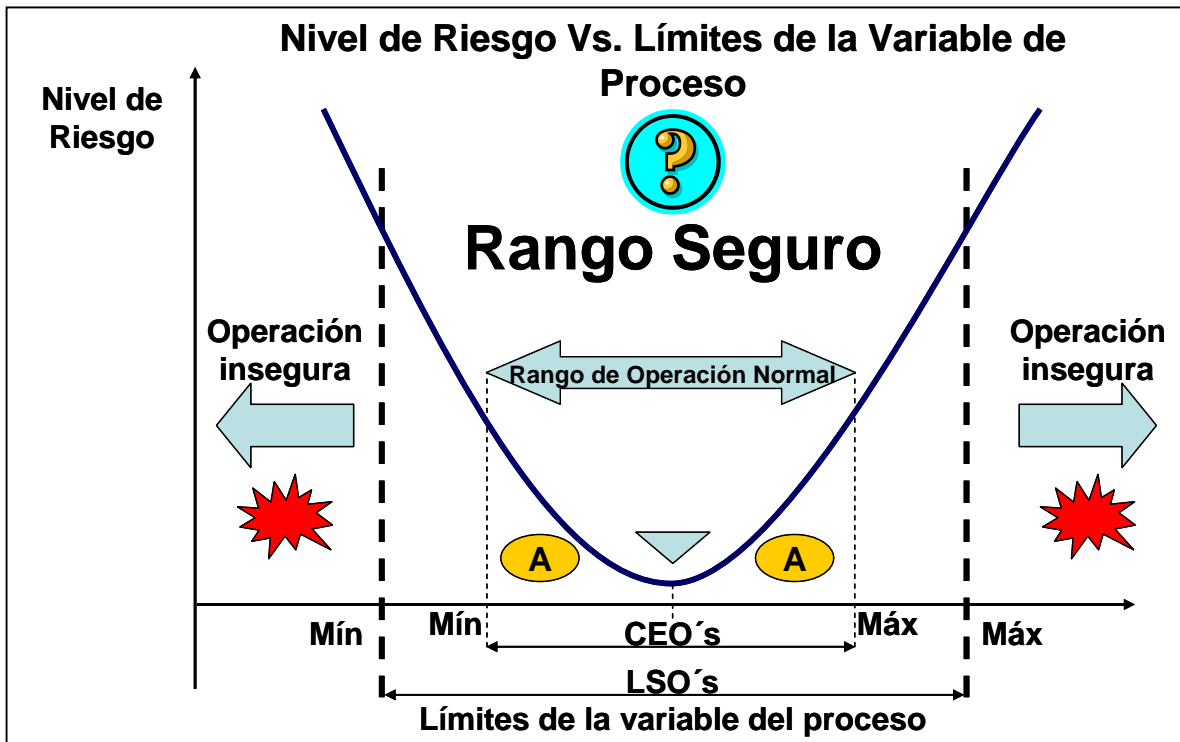
Columna	Descripción	Valor
A	PROVOCA PARO TOTAL DEL CENTRO DE TRABAJO	10
B	PROVOCA PARO PARCIAL DEL CENTRO DE TRABAJO	8
C	INTERRUMPE EL PROCESO DE LA PLANTA TOTALMENTE	10
D	INTERRUMPE EL PROCESO DE LA PLANTA PARCIALMENTE	7
E	PROVOCA PERDIDAS CONSIDERABLES DE PRODUCTO	5
F	SE PIERDE EFICIENCIA O AFECTA LA CALIDAD DEL PRODUCTO	4
G	SE PIERDE REDUNDANCIA	2
H	OCASIONA ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	7
I	OCASIONA DAÑOS AMBIENTALES	9
J	PROVOCA VIOLACIÓN A LAS NORMAS REGULATORIAS	10
K	OCASIONA DAÑOS AL PERSONAL	10
L	OCASIONA DAÑOS A LAS INSTALACIONES	9




- Obtener el Valor Absoluto de Criticidad de cada sistema, instalación o equipo analizado para determinar la Jerarquía de la Criticidad en **alta**, **media** o **baja**. Aplicar la fórmula **AC = P x C**.

7.3.- Ventanas Operativas

Las Ventanas Operativas (VO) establecen rangos de operación controlados en un proceso industrial donde los insumos son transformados en productos, a través de una operación segura y responsable, optimizada económicamente, sin interrupciones o paros no planeados y permitiendo maximizar el ciclo de vida de los activos [3].

Un elemento clave de la Seguridad de los Procesos es mantener la integridad mecánica de los activos, entendiendo que esto se alcanza cuando un activo se desempeña, opera y mantiene como fue especificado en el diseño, de forma tal que el riesgo a las personas, al medio ambiente y a otros activos se minimiza y se mejora la imagen de la empresa.



	Mantener valores de las variables de proceso.
	Corregir desviaciones de inmediato, autorizar la operación temporal o permanente implica Administración del Cambio y Análisis de riesgo de proceso.
	Corrección inmediata, paro de emergencia o conducirá a un accidente.

Las CEO son los valores de las variables de proceso que aseguran una operación estable, al estar la operación fuera de estos valores se causa inestabilidad, que de mantenerse puede llevar a los equipos o instalaciones fuera de sus LSO's [3].

Los LSO's, representan los límites físicos seguros en los que un equipo o instalación puede operar, estos son suministrados en el paquete de Tecnología del Proceso, en las especificaciones del fabricante de los equipos o en los estándares aplicables [3]. Operar fuera de los LSO's puede provocar una pérdida de contención o falla de las instalaciones y equipos involucrados.

Dentro de las CEO existe un rango en el que se optimiza la efectividad y la eficiencia de los activos, tomando en cuenta los costos, los riesgos y los beneficios, a este rango se le denomina Ventana Operativa.

Establecimiento de Ventanas Operativas

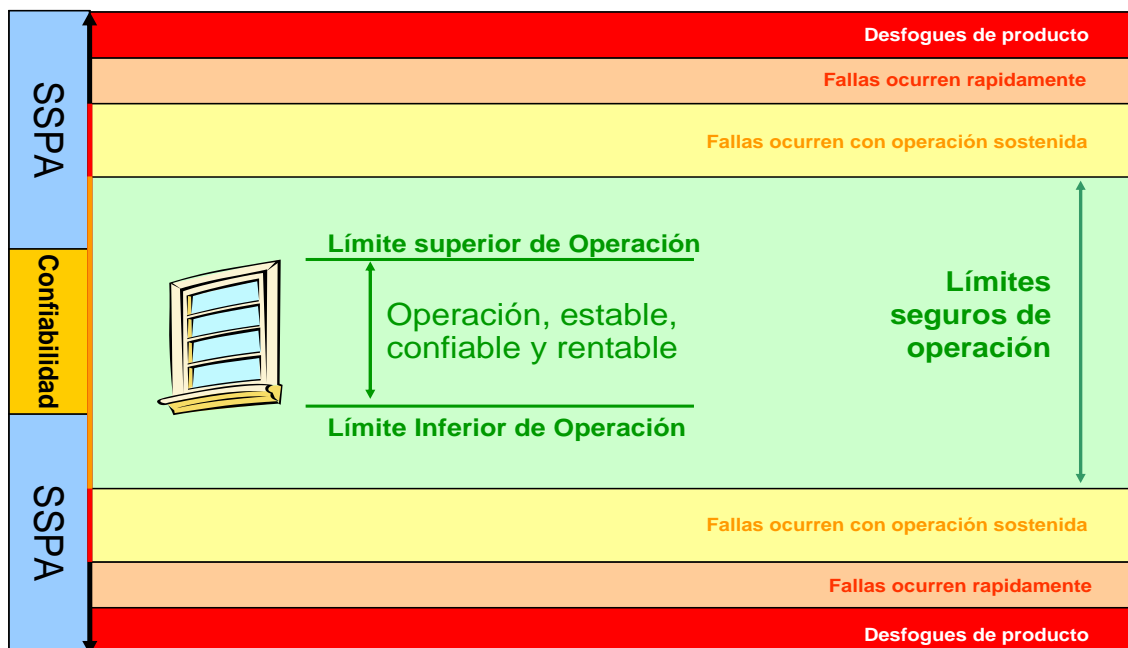
Para los activos de mayor criticidad se establecerán puntos de control críticos, los cuales, son las variables de la planta y sus equipos, que deben ser monitoreadas y controladas frecuentemente, para garantizar que sean confiables y tengan el mejor desempeño.

Los puntos de control críticos están relacionados con diversas áreas de desempeño entre las que se encuentran, integridad mecánica, eficiencia, margen de operación, confiabilidad, calidad, etc. y pueden ser:

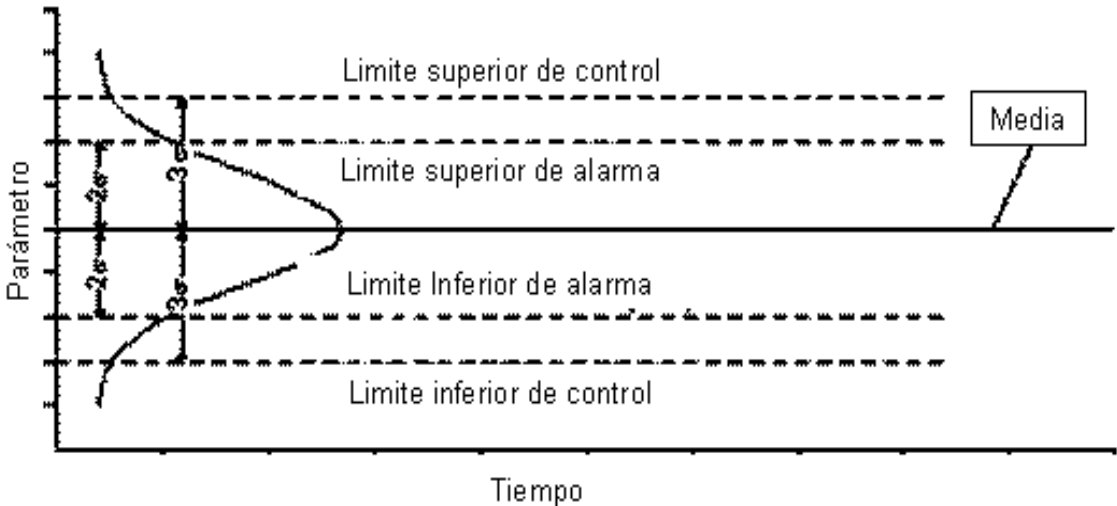
- Variables de proceso (temperatura, presión, diferencia presión/ temperatura, flujo, PH, velocidad de inyección de químicos, concentración, etc.).
- Aspectos de calidad de la materia prima, productos intermedios y finales, catalizadores, etc. (ejemplo: % azufre, sodio, contaminantes, concentración de aditivos, punto de ebullición final, punto de inflamación, etc.).
- Servicios principales (presión y temperatura del vapor a turbinas, temperatura del agua de enfriamiento).

Determine los límites de operación de los puntos de control críticos en base a:

- Rangos operativos de acuerdo: al fabricante, la normatividad, la experiencia y el conocimiento local en los límites operacionales de proceso.
- El diagrama de flujo de proceso, la lista de válvulas de relevo, etc.
- Datos de diseño del proceso, calidad de las alimentaciones, productos intermedios y finales.
- Manuales de diseño y operacionales.

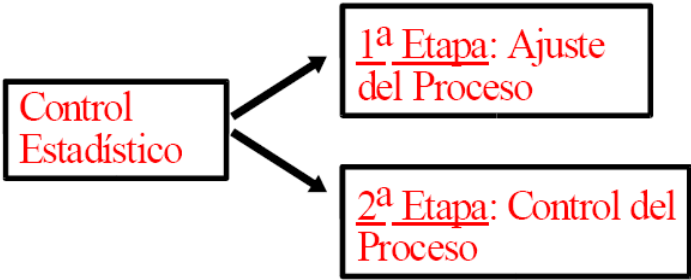


Utilice el control estadístico del proceso para verificar que se encuentre dentro de la VO, y grafique los parámetros a través del tiempo mediante la gráfica Shewhart [7], tome los valores que están entre los límites inferior y superior de control de las VO, de los cuales se permite una diferencia de 3 veces la desviación estándar del promedio:

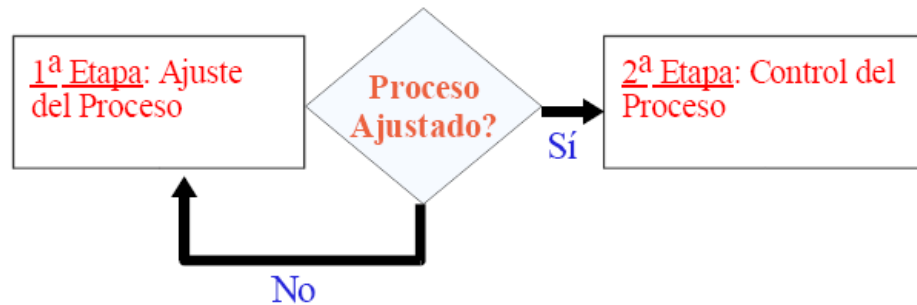


Los valores se mueven alrededor de un valor central (El promedio de los datos), la mayor parte del tiempo cerca del mismo. Pero en algún momento puede ocurrir que aparezca uno o más valores demasiado alejados del promedio. Esto se produce por la *fluctuación natural* del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien [7].

La puesta en marcha de un programa de control estadístico para un proceso en particular implica dos etapas:



Antes de pasar a la segunda etapa, se verifica si el proceso está ajustado. En caso contrario, se retorna a la primera etapa:



En la 1a etapa se toman unas 100 mediciones, con las cuales se calcula el promedio y la desviación estándar:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

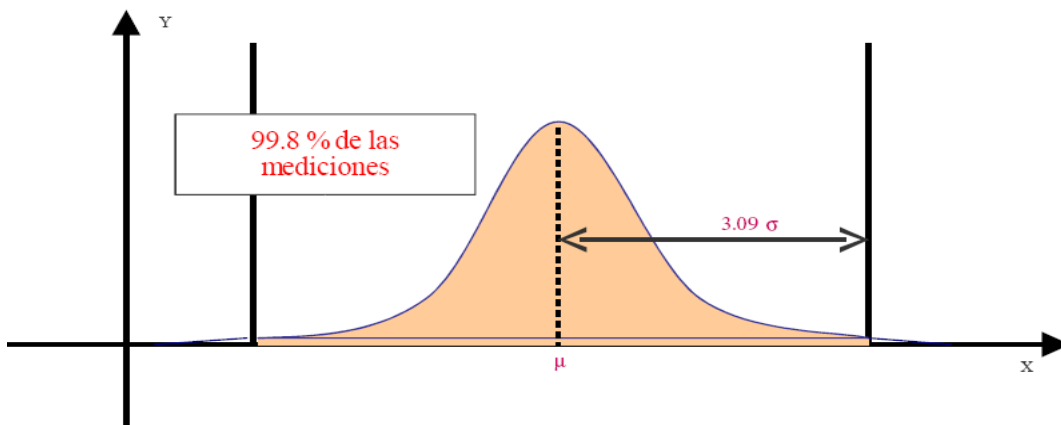
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N}}$$

Luego se calculan los Límites de Control de la siguiente manera:

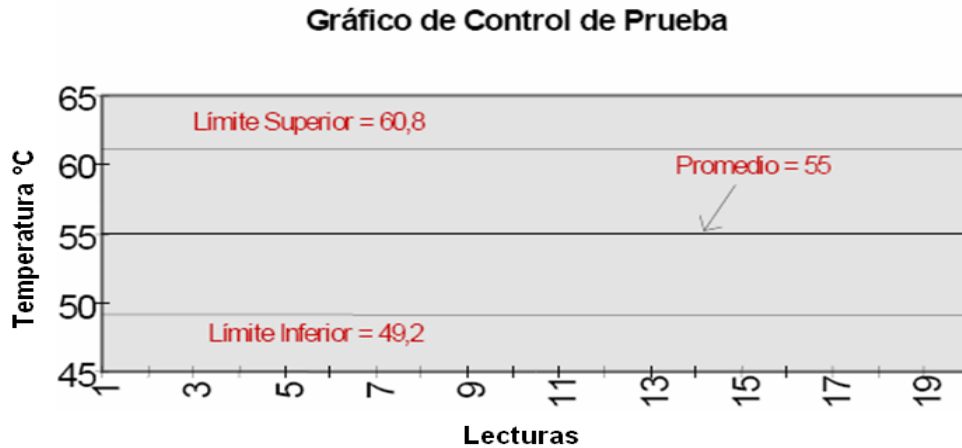
$$\text{Lím. Superior} = \bar{X} + 3,09 \cdot \sigma$$

$$\text{Lím. Inferior} = \bar{X} - 3,09 \cdot \sigma$$

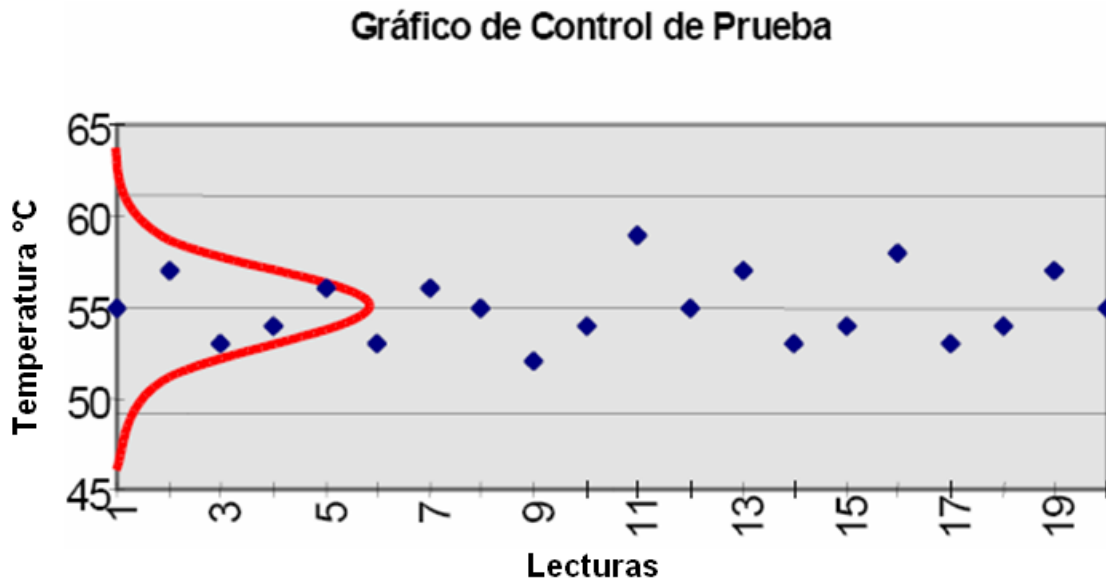
Estos límites surgen de la hipótesis de que la distribución de las observaciones es normal. En general se utilizan límites de 2 sigmas o de 3 sigmas alrededor del promedio. En la distribución normal, el intervalo de 3,09 sigmas alrededor del promedio corresponde a un 99.8% de las mediciones [8].



Entonces, se construye un gráfico de prueba y se traza una línea recta en el eje de las ordenadas (eje Y), a la altura del promedio (Valor central de las observaciones) y otras dos líneas rectas a la altura de los límites de control:



En este gráfico se representan los puntos correspondientes a las observaciones con las que se calcularon los límites de control y se verifica si se ajusta a una distribución normal.



Cuando las observaciones sucesivas tienen una distribución normal, la mayor parte de los puntos se sitúa muy cerca del promedio, algunos pocos se alejan algo más y prácticamente no hay ninguno en las zonas más alejadas [8].

Si no se descubren causas asignables entonces se adoptan los límites de control calculados como definitivos, y se construyen cartas de control con esos límites.



8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

- Evaluación de equipos críticos:

Análisis de Criticidad (AC), calcular el análisis de criticidad en cada equipo mediante la siguiente formula:

$$AC = P \times C$$

Donde:

AC = Análisis de Criticidad

P = Probabilidad de ocurrencia

C = Consecuencias de la falla

Probabilidad de ocurrencia (P), establecer la probabilidad alta, media y baja, y dar un valor absoluto de 10, 5, 2, respectivamente.

Probabilidad	Frecuencia	Valor
ALTA	De 1 a 6 meses	10
MEDIA	De 7 a 23 meses	5
BAJA	De 24 meses o más	2

Consecuencias de la falla (C), de la tabla de valores de consecuencia de la falla en la primera columna, establecer, a través de literales de "A" a "L", distintas ponderaciones con sus respectivos valores.

Columna	Descripción	Valor
A	PROVOCA PARO TOTAL DEL CENTRO DE TRABAJO	10
B	PROVOCA PARO PARCIAL DEL CENTRO DE TRABAJO	8
C	INTERRUMPE EL PROCESO DE LA PLANTA TOTALMENTE	10
D	INTERRUMPE EL PROCESO DE LA PLANTA PARCIALMENTE	7
E	PROVOCA PERDIDAS CONSIDERABLES DE PRODUCTO	5
F	SE PIERDE EFICIENCIA O AFECTA LA CALIDAD DEL PRODUCTO	4
G	SE PIERDE REDUNDANCIA	2
H	OCASIONA ALTO COSTO DE MANTENIMIENTO	7
I	OCASIONA DAÑOS AMBIENTALES	9
J	PROVOCA VIOLACIÓN A LAS NORMAS REGULATORIAS	10
K	OCASIONA DAÑOS AL PERSONAL	10
L	OCASIONA DAÑOS A LAS INSTALACIONES	9

Obtener el Valor Absoluto de Criticidad de cada equipo analizado para determinar la Jerarquía de la Criticidad en **alta (rojo)**, **media (amarillo)** o **baja (verde)**.

Aplicar la fórmula **AC = P x C**.

Por ultimo se realizara una hoja de cálculo como reporte de la evaluación de equipos críticos.

- Ventanas operativas.

1. Para los activos de mayor criticidad se establecerán puntos de control críticos.

2. Se determinaran los límites de operación de los puntos de control críticos.

Se toman unas 100 mediciones, con las cuales se calcula el promedio y la desviación estándar:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N}}$$

Luego se calculan los Límites de Control de la siguiente manera:

$$\text{Lím. Superior} = \bar{X} + 3,09 \cdot \sigma$$

$$\text{Lím. Inferior} = \bar{X} - 3,09 \cdot \sigma$$

3. Se construyen gráficos de control con esos límites para cada equipo.

:

- Simulación del sistema de absorción de la planta de oxido de etileno en el simulador termodinámico HYSYS.

La tarea de simulación puede ser considerada como aquella en la cual se proponen ciertos valores de entrada al simulador o programa de simulación para obtener ciertos resultados o valores de salida, tales que estiman el comportamiento del sistema real bajo esas condiciones de entrada.

9. RESULTADOS, PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS.

- **Evaluación de equipos críticos.**

Se elaboraron cinco tablas o gráficos de control que representan el cálculo del análisis de criticidad, con equipos de proceso para cada una de las cinco secciones que componen la planta de óxido de etileno:

- 1.- Sección 100. Reacción y Absorción de Óxido de Etileno.
- 2.- Sección 200. Sistema de Remoción de CO₂.
- 3.- Sección 300. Sistema de Agotamiento y Reabsorción de O.E.
- 4.- Sección 400. Refinación de Óxido de Etileno.
- 5.- Sección 400B. Purificación de Óxido de Etileno.

Descripción de la estructura del grafico de control:

Columna 1.- Instalación, proceso, sistema o equipo. En esta columna se nombra al equipo que se le esta aplicando el análisis de criticidad.

Columna 2.- Consecuencias de las fallas. De la tabla de valores de consecuencia de la falla (ver anexo 3) se establecen ponderación con sus respectivos valores.

Columna 3.- Suma de consecuencias de las fallas (C). En esta columna se escribe el resultado de la suma de todos los valores que fueron asignados como consecuencias de las fallas del equipo.

Columna 4.- Valores de probabilidad de ocurrencias de la falla (P). De la tabla de valores de probabilidad de ocurrencia de falla (ver anexo 3) se asigna un valor absoluto con forme a la probabilidad establecida (alta, media y baja).

Columna 5.- Valores de análisis de criticidad de equipos (AC). Se muestra el resultado del calculo del análisis de criticidad de equipos $AC= C \times P$.

- Evaluación de Equipos Críticos de la planta de oxido de etileno.

SECCION 100	Consecuencias De Las Fallas												Suma de Consecuencias De Las Fallas (C)	Valores De Probabilidad De Ocurrencia De la Falla (P)	Valores De Analisis de Criticidad De Equipos (AC)
Instalacion, Proceso, Sistema o Equipo.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
E - 110 A/B Enfriador De Aceite Del Sistema de Reaccion.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	2	38
G - 110 A/B/C/D Bombas de Aceite de Reactores.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	5	95
G - 115 Bomba de Carga de Aceite a Reactores.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	30
D - 110 A/B Reactores.	0	8	0	7	5	4	0	0	0	0	0	0	24	2	48
E - 111 A/B Cambiadores Gas - Gas	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	11	2	22
C - 110 Compresor de Gas de Recirculacion.	10	0	10	0	5	0	0	0	0	0	0	0	25	5	125
D - 115 Absorbadora del Sistema de Reaccion.	0	8	10	0	0	4	0	0	0	0	0	0	22	2	44

Tabla 1.- Análisis de criticidad de equipos correspondientes a la Sección 100 (Reacción y Absorción de Óxido de Etileno).

SECCION 200	Consecuencias De Las Fallas												Suma de Consecuencias De Las Fallas (C)	Valores De Probabilidad De Ocurrencia De la Falla (P)	Valores De Analisis de Criticidad De Equipos (AC)
Instalacion, Proceso, Sistema o Equipo.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
F - 210 Separador del Contactor.	0	0	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	16	2	32
E - 211 Enfriador de Gas del Sistema de Carbonato.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	30
D - 210 Contactor de Carbonato.	0	0	0	7	0	0	0	0	9	10	0	0	26	2	52
F - 220 Tanque de Flasheo de D-220.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
G - 220 A/B Bombas de Solucion de Carbonato.	0	8	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	24	5	120
D - 220 Regenerador de Carbonato.	0	8	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	24	2	48
E - 220 Rehervidor del Regenerador de Carbonato.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
G - 230 A/B Bombas de Transferencia de Carbonato.	0	0	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	16	5	80

Tabla 2.- Análisis de criticidad de equipos correspondientes a la Sección 200 (Sistema de Remoción de CO₂).

SECCION 300													Consecuencias De Las Fallas		
Instalacion, Proceso, Sistema o Equipo.													Suma de Consecuencias De Las Fallas (C)	Valores De Probabilidad De Ocurrencia De la Falla (P)	Valores De Analisis de Criticidad De Equipos (AC)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
E - 313 A/B Enfriador de Agua de Recirculacion.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
E - 312 A/B Cambiador de Agua de Recirculacion.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
G - 310 A/B/C Bombas de Fondos de Agotadora.	0	8	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	17	5	85
D - 310 Agotadora.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	30
E - 310 Rehervidor de la Agotadora.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
G - 311 A/B Bombas de Agua de Purga de Recirculacion.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
E - 311 Condensador de la Agotadora.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
D - 320 Reabsorbedora.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	2	38
G - 320 A/B Bombas de Fondos de la Reabsorbedora.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	75
E - 322 Enfriador de Fondos de Reabsorbedora.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
E - 321 Enfriador de Agua de Reabsorcion.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18

Tabla 3.- Análisis de criticidad de equipos correspondientes a la Sección 300 (Sistema de Agotamiento y Reabsorción de O.E).

SECCION 400	Consecuencias De Las Fallas												Suma de Consecuencias De Las Fallas (C)	Valores De Probabilidad De Ocurrencia De la Falla (P)	Valores De Analisis de Criticidad De Equipos (AC)
Instalacion, Proceso, Sistema o Equipo.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
E - 412 Carga VS Fondos Refinadora.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
G - 410 A/B Bombas de Fondos de la Refinadora.	0	8	0	7	5	4	0	0	0	0	0	0	24	5	120
D - 410 Refinadora.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	2	38
E - 410 Rehervidor de la Refinadora.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
E - 411 Condensador de la Refinadora.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
F - 410 Acumulador de la Columna Refinadora.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	30
G - 411 A/B Bombas de Reflujo de la Refinadora.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	5	95
D - 420 Agotadora de CO2	0	8	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	24	2	48
G - 420 A/B Bombas de Fondos de la Agotadora de CO2	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	5	95

Tabla 4.- Análisis de criticidad de equipos correspondientes a la Sección 400 (Refinación de Óxido de Etileno).

SECCION 400 B	Consecuencias De Las Fallas												Suma de Consecuencias De Las Fallas (C)	Valores De Probabilidad De Ocurrencia De la Falla (P)	Valores De Analisis de Criticidad De Equipos (AC)
Instalacion, Proceso, Sistema o Equipo.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L			
G - 430 A/B Bombas de Fondos de la Columna de Purificacion.	0	8	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	17	5	85
D - 430 Columna de Purificacion.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	2	38
E - 430 Rehervidor de la Columna de Purificacion.	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	14
G - 432 A/B Bombas de Condesados del Rehervidor de la Columna de Purificacion.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	75
G - 431 A/B Bombas de Reflujo de la Columna de Purificacion.	0	8	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	19	5	95
F - 430 Recividor de la Columna de Purificacion.	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	9	2	18
E - 422 Enfriador de Productos de Refinacion.	0	0	0	7	0	4	0	0	0	0	0	0	11	2	22
G - 440 A/B Bombas de Producto de Oxido de Etileno.	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5	75

Tabla 5.- Análisis de criticidad de equipos correspondientes a la Sección 400B (Purificación de Óxido de Etileno).

Discusión de resultados de la evaluación de equipos críticos.

- Sección 100.- Se detecto un equipo de alta criticidad que corresponde a C-110 Compresor de gas de recirculación que nos proporciona la prioridad o importancia que se debe tener en este equipo en el proceso. También se detecto un equipo de media criticidad que son los G-110 A/B/C/D Bombas de aceite a reactores y cinco equipos de baja criticidad.
- Sección 200.- Se encontró un equipo de alta criticidad que corresponde a G-220 A/B Bombas de solución de carbonato, uno de media criticidad G-230 A/B Bombas de transferencia de carbonato y seis de baja criticidad.
- Sección 300.- No se obtuvieron equipos de alta criticidad, pero se detectaron dos equipos de media criticidad que son G-310 A/B/C Bombas de fondo de agotadora y G-320 A/B Bombas de fondos de la reabsorbedora y nueve equipos de baja criticidad.
- Sección 400.- Se detecto un equipo de alta criticidad G-410 A/B Bombas de fondos de la refinadora, dos de media criticidad que son G-411 A/B Bombas de reflujo de la refinadora y G-420 A/B Bombas de fondos de la agotadora de CO₂. También se detectaron seis equipos de baja criticidad.
- Sección 400B.- No se detectaron equipos de alta criticidad, pero se obtuvieron cuatro equipos de media criticidad G-430 A/B, G-432 A/B, G-431 A/B y G-440 A/B. Y cuatro de baja criticidad.

- **Ventanas operativas del proceso.**

Se aplicó el método descrito anteriormente para la elaboración de ventanas operativas a 15 equipos de proceso a los cuales se les asignó una variable o punto crítico de control para su monitoreo y se calcularon sus límites de control para cada equipo.

A continuación se presentan los 15 gráficos de control:

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
E - 110 A Enfriador De Aceite Del Sistema de Reaccion.	T de salida de aceite al reactor	242.106927	223.611073

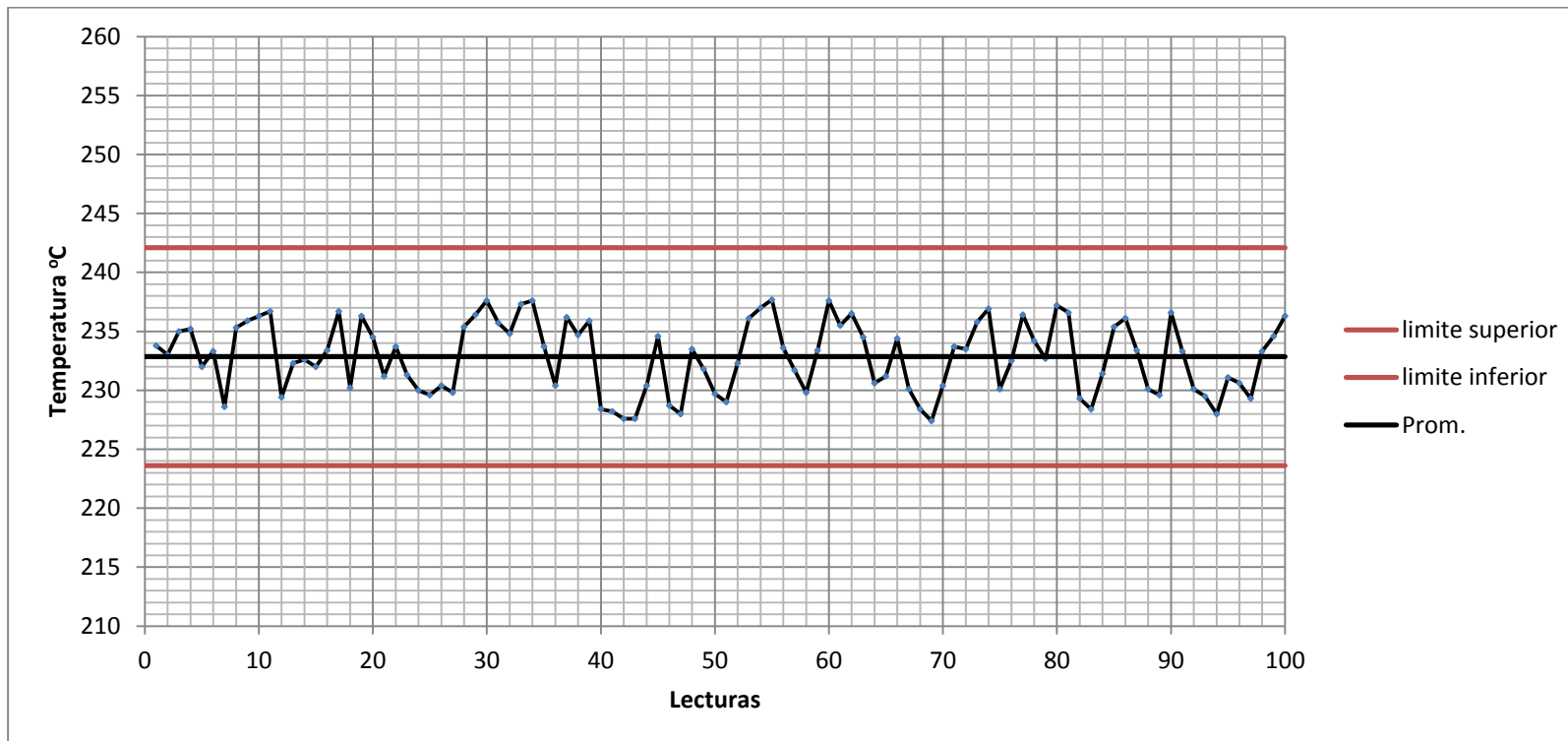


Grafico de control 1.- E-110 A. Enfriador de aceite del sistema de reacción

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 110 A Reactores.	T de salida de gas del reactor	250.8034217	241.0445783

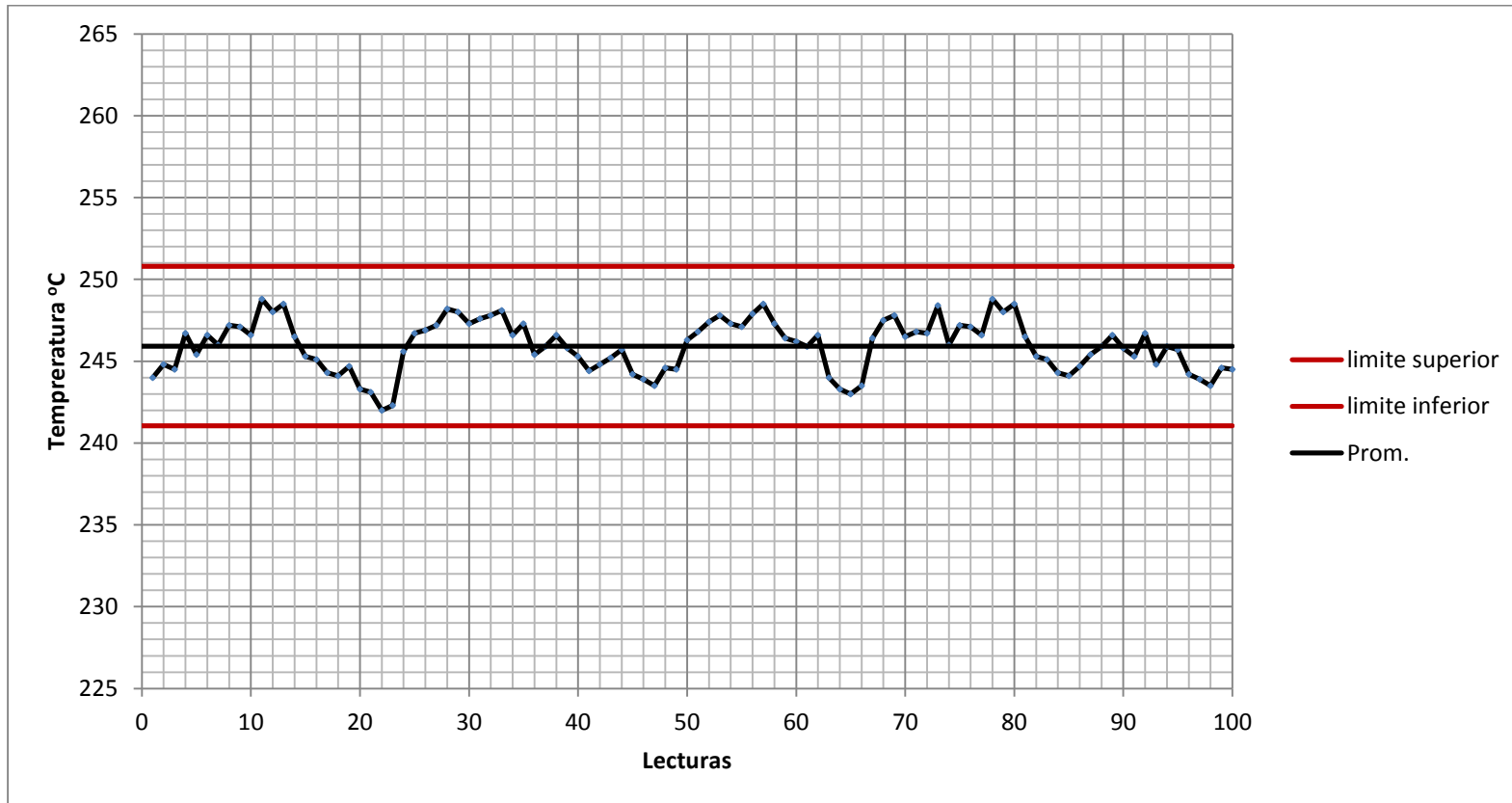


Grafico de control 2.- D-110 A. Reactores.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
C - 110 Compresor de Gas de Recirculacion.	P de salida del gas de recirculacion.	24.90232293	22.46407707

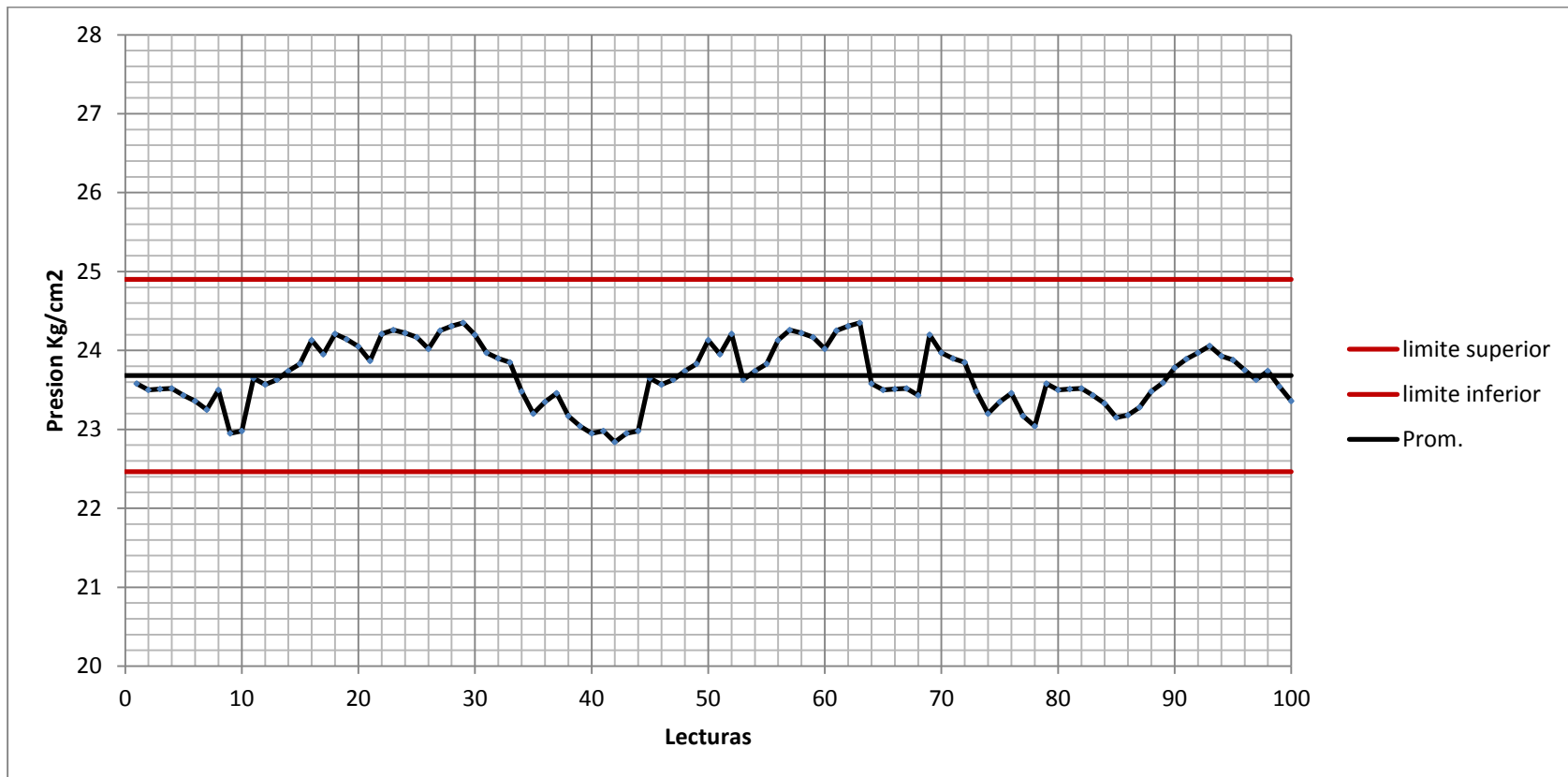
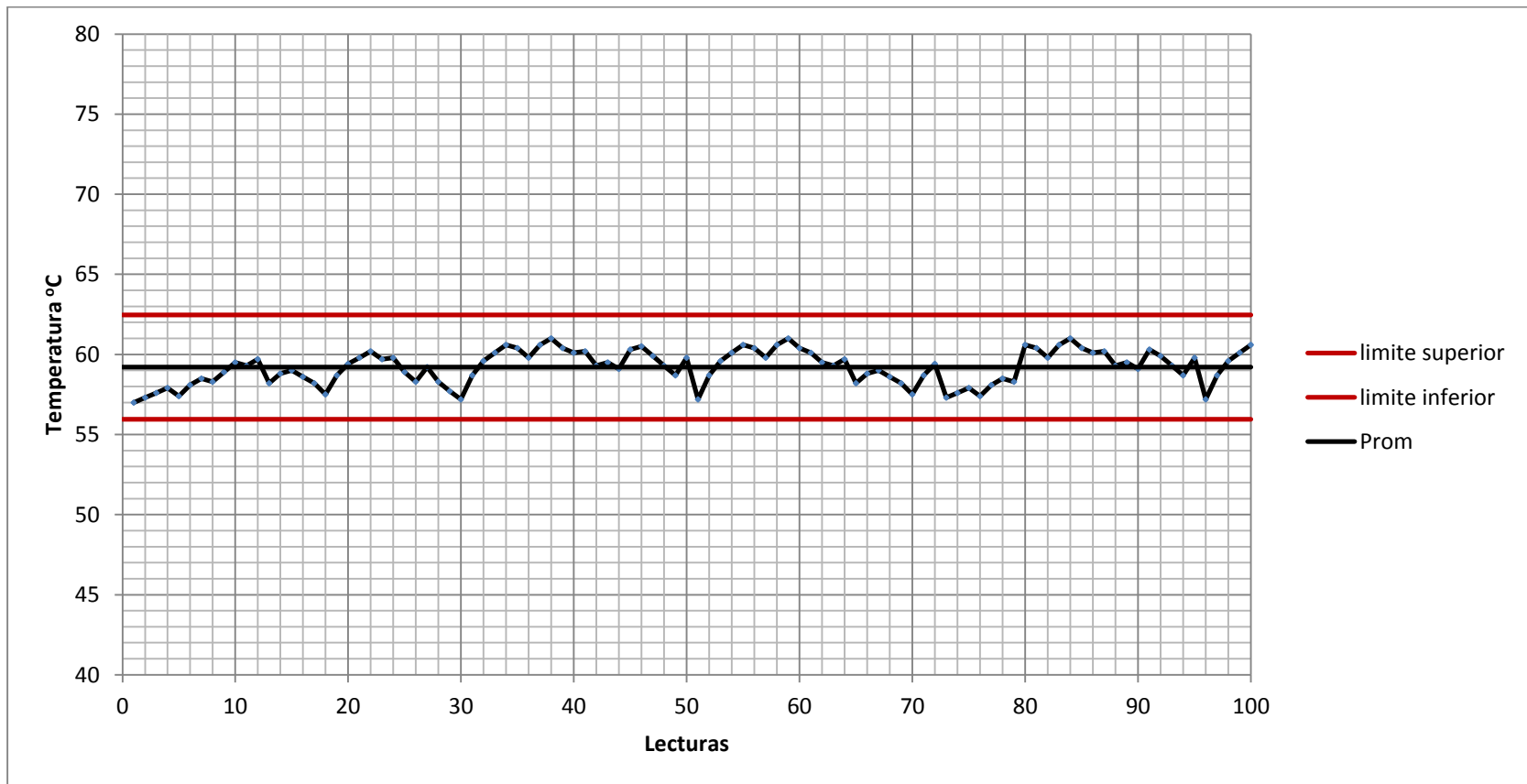


Grafico de control 3.- C-110 Compresor de gas de recirculación.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 115 Absorbedora del Sistema de Reaccion.	T de salida de Agua enriquecida de Absorbedora	62.4639809	55.9480191



Grafica de control 4.- D-115 Absorbedora del sistema de reacci3n.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 210 Contactor de Carbonato.	T de salida del domo de carbonato	105.8237432	101.9966568

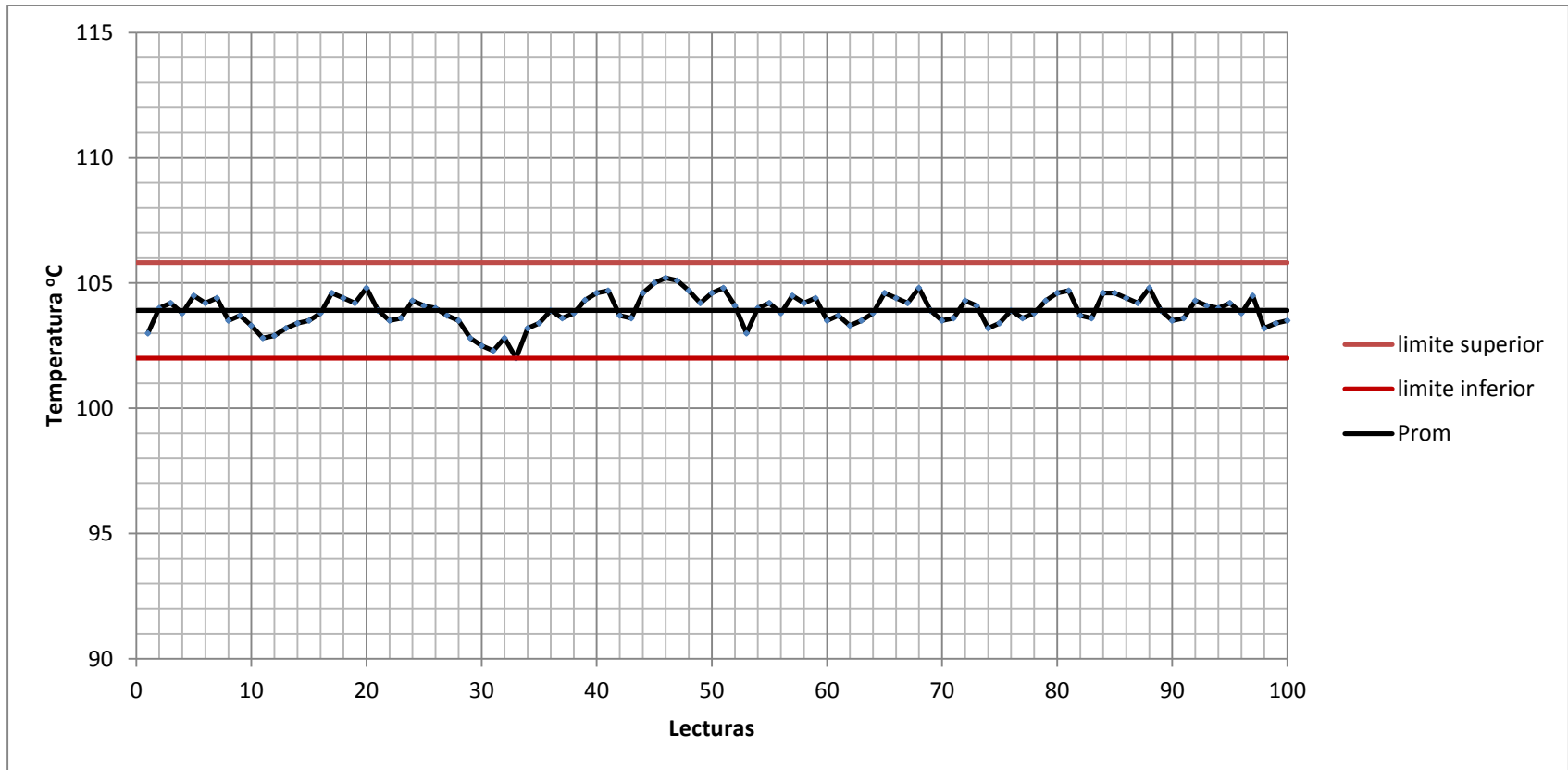
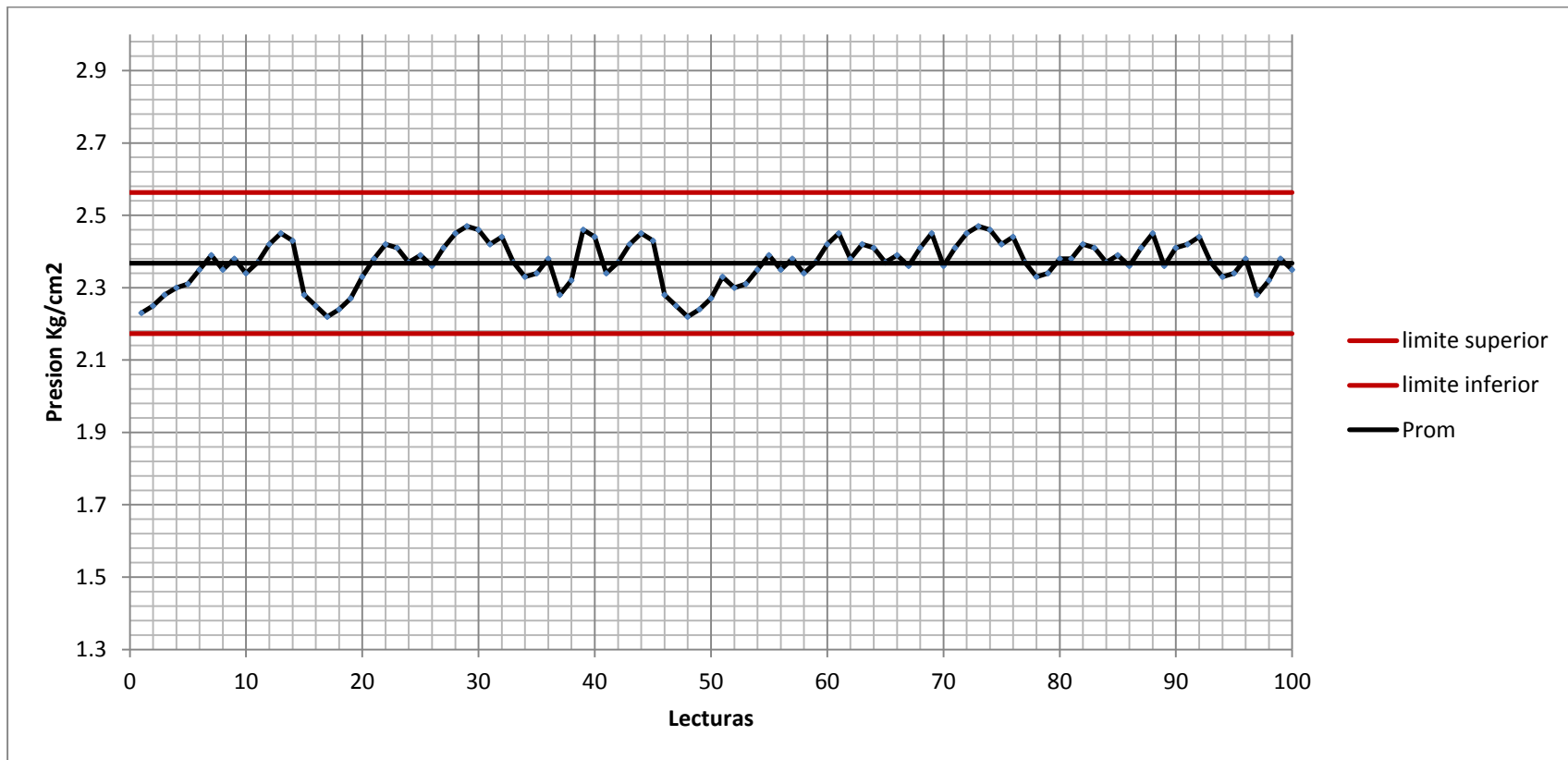


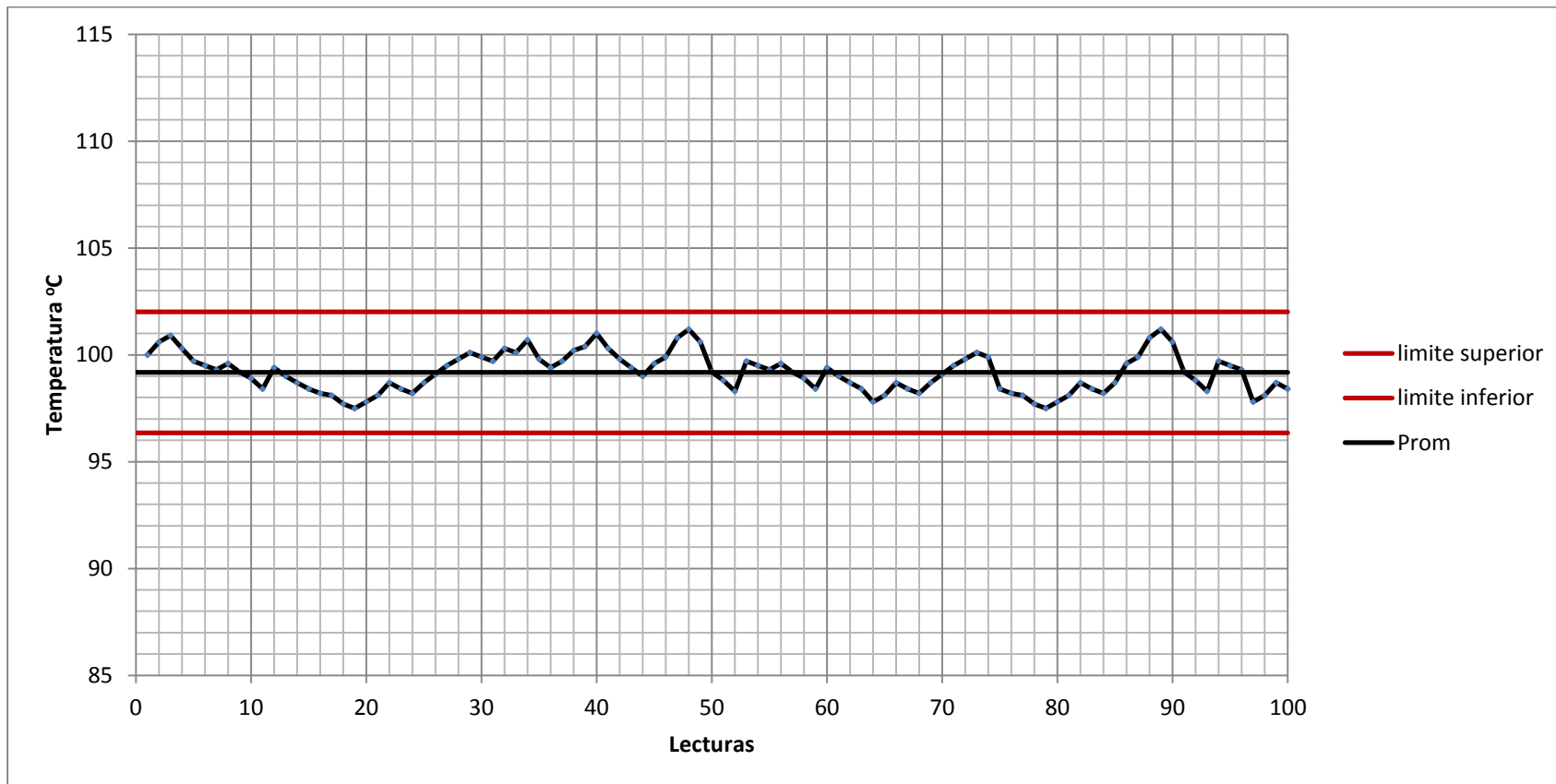
Grafico de control 5.- D-210 Contactor de carbonato.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
F - 220 Tanque de Flasheo de D- 210.	P en el tanque de Flasheo	2.562750253	2.173049747



Grafica de control 6.- F-220 Tanque de Flasheo de D-210.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
E - 312 A Cambiador de Agua de Recirculacion.	T de salida del agua de recirculacion.	102.0103285	96.34967149



Grafica de control 7.- E-312 A. Cambiador de agua de recirculación.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 320 Reabsorbedora.	T de salida de fondos de la reabsorbedora.	49.47094011	46.20905989

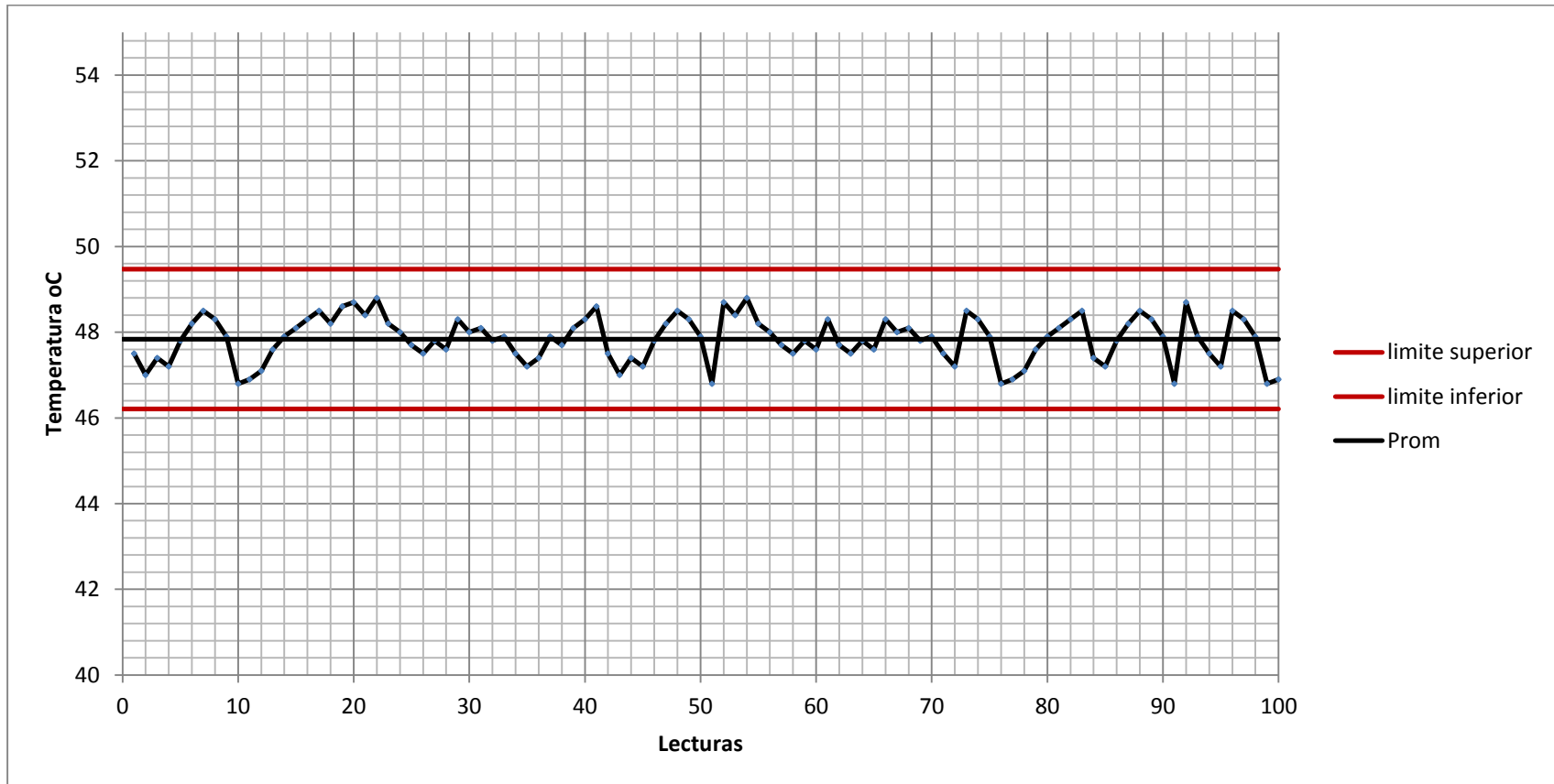


Grafico de control 8.- D-320 Reabsorbedora.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 310 Agotadora.	T de salida del vapor del domo de la agotadora.	101.6581277	97.89787229

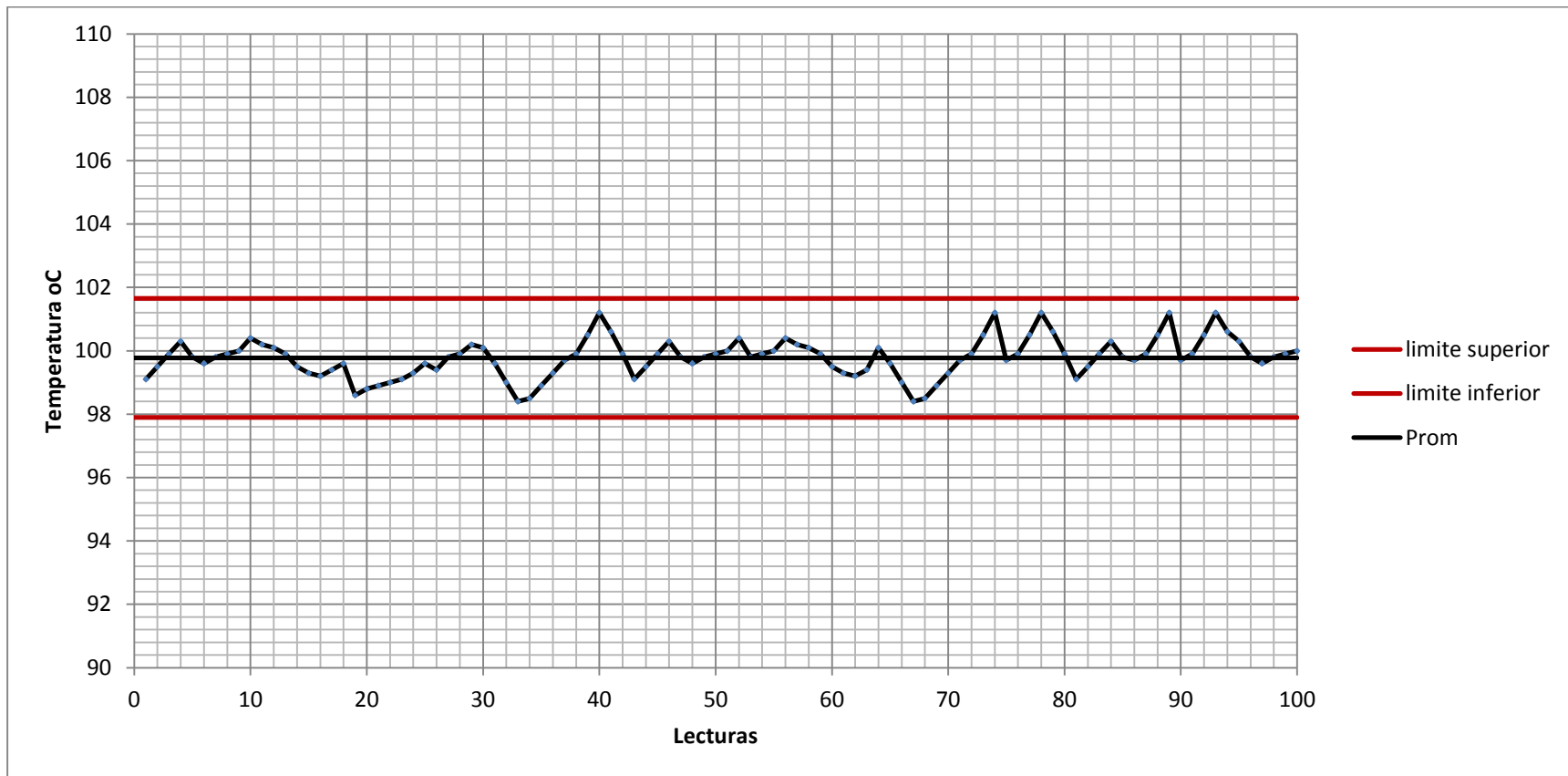


Grafico de control 9.- D-310 Agotadora.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
E - 412 Carga VS Fondos Refinadora.	T de salida de fondos de la refinadora.	145.2525358	141.8454642

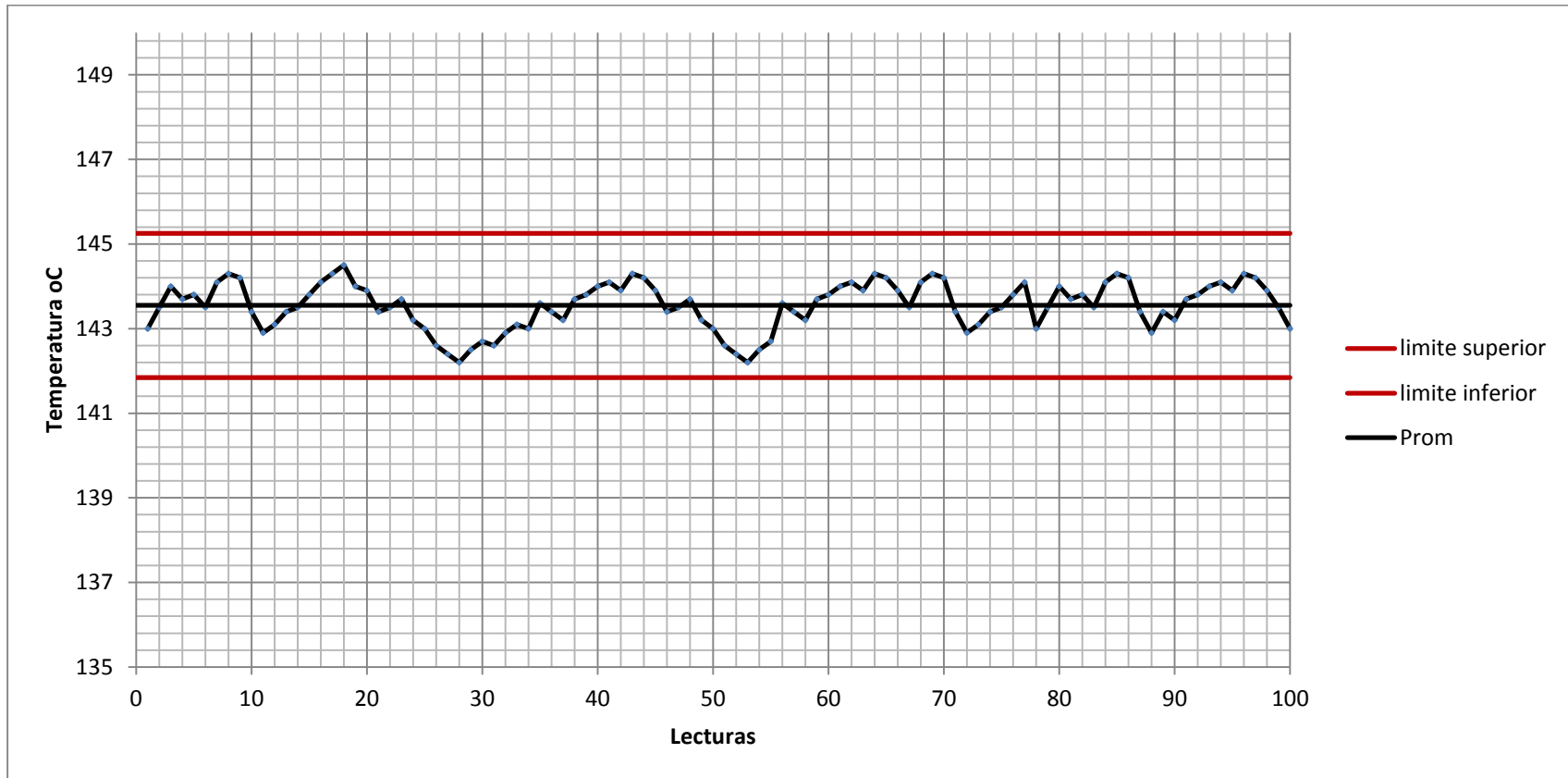


Grafico de control 10.- E-412 Carga vs fondos refinadora.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 420 Agotadora de CO2	T de alimentacion a agotadora de CO2	43.75782479	41.15617521

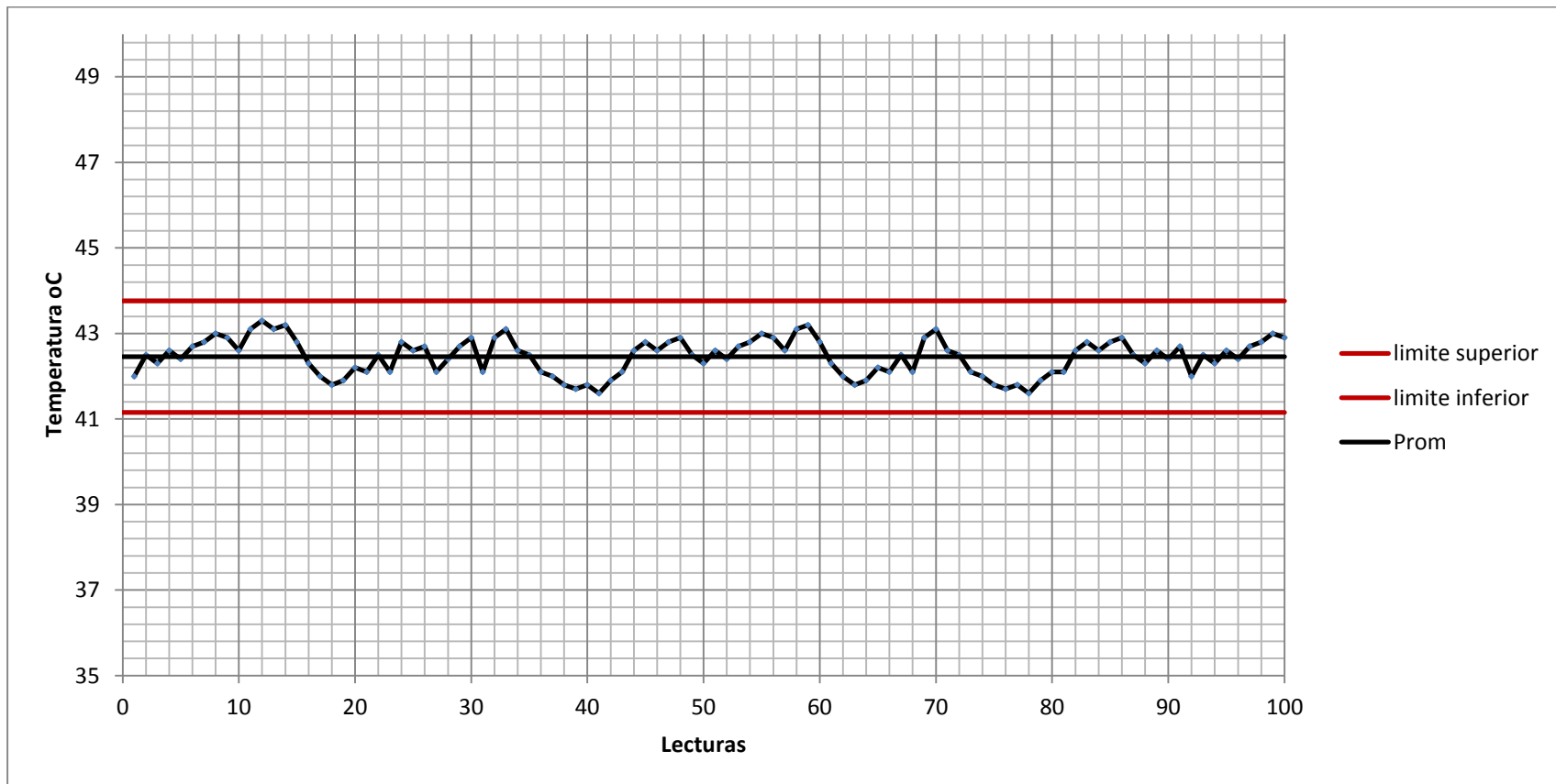


Grafico de control 11.- D-420 Agotadora de CO₂

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
G - 420 A Bombas de Fondos de la Agotadora de CO2	T de alimentacion a la columna purificadora.	57.22788845	54.14011155

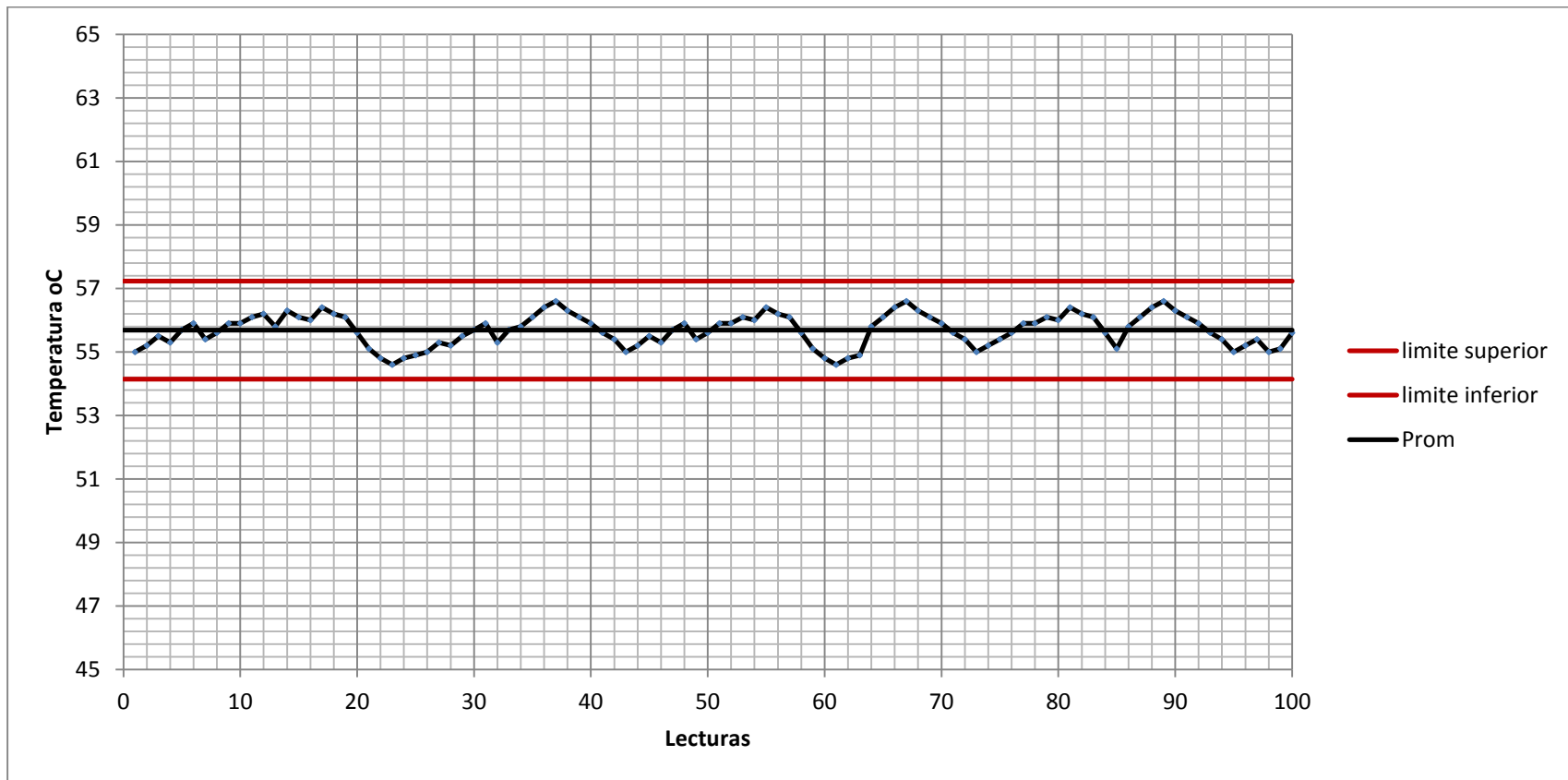


Grafico de control 12.- G-420 A. Bombas de fondos de la agotadora de CO₂

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
F - 410 Acumulador de la Columna Refinadora.	P en acumulador de la columna refinadora.	3.542361535	3.384238465

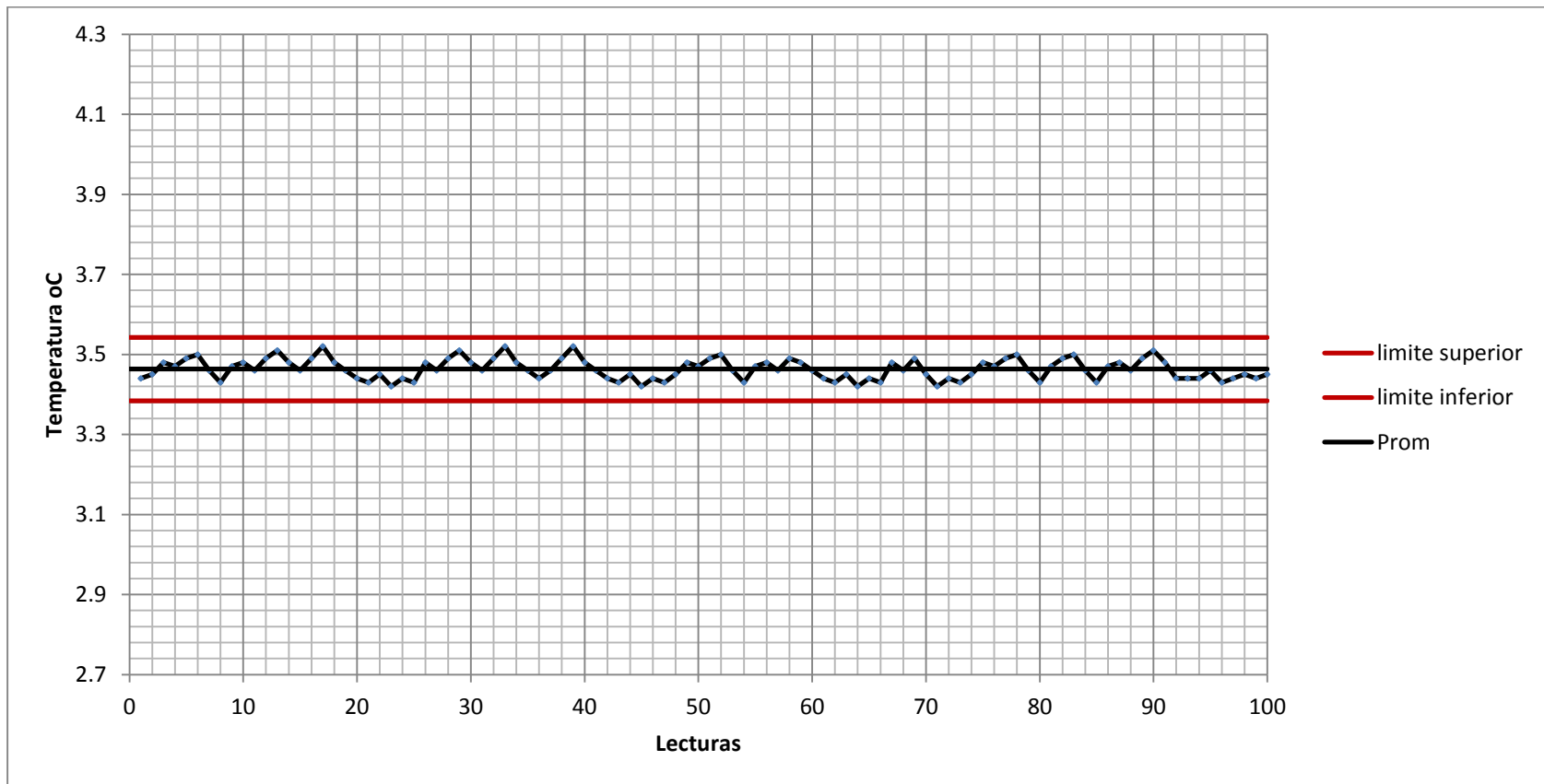


Grafico de control 13.- F-410 Acumulador de la columna refinadora.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
E - 422 Enfriador de Productos de Refinacion.	T de salida del Oxido de etileno purificado.	37.13298307	35.37301693

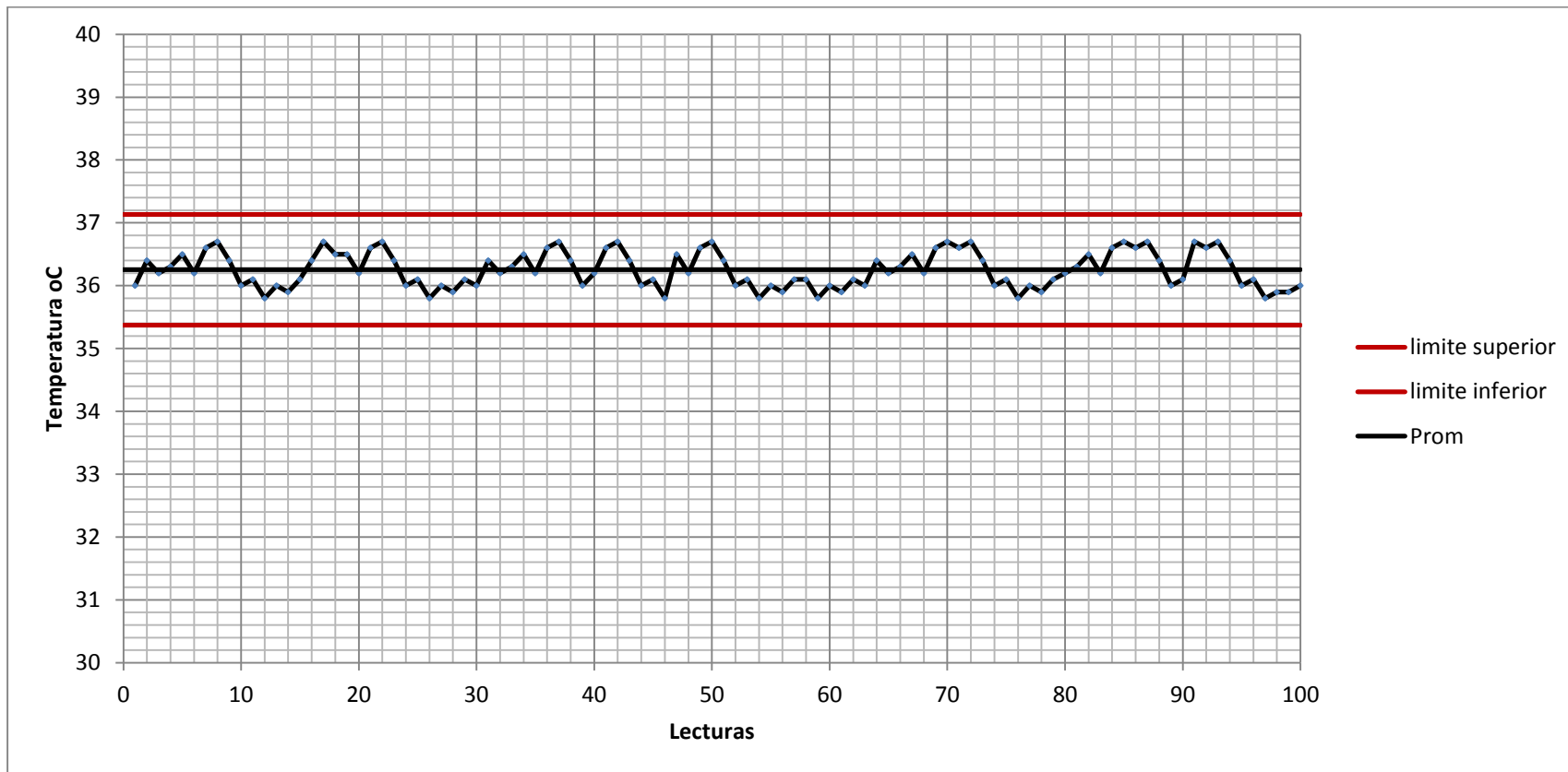


Grafico de control 14.- E-422 Enfriador de productos de refinación.

Equipo	Variable de control	Limite de control superior	Limite de control inferior
D - 430 Columna de Purificacion.	T de salida del domo de la columna purificadora.	49.35414706	46.93985294

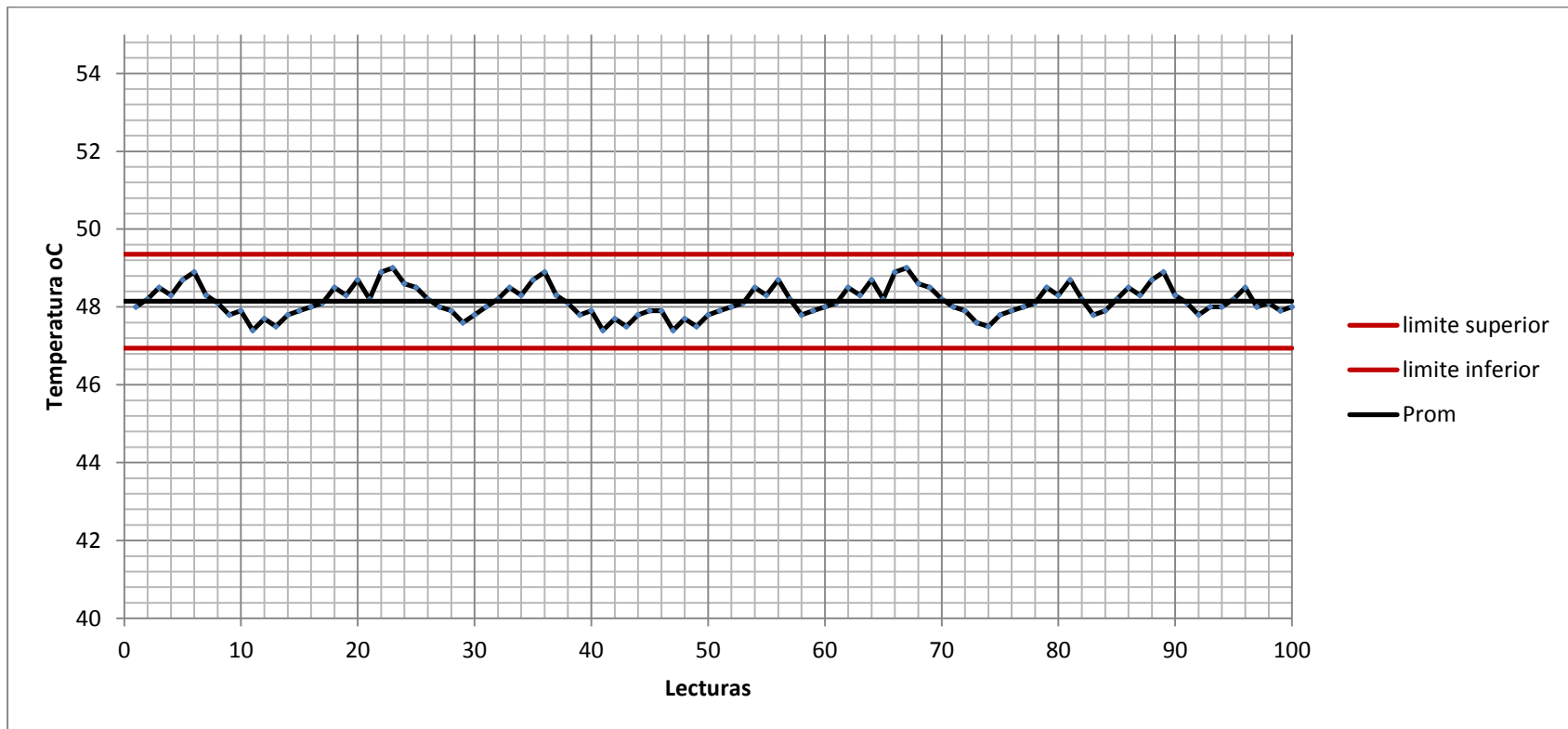
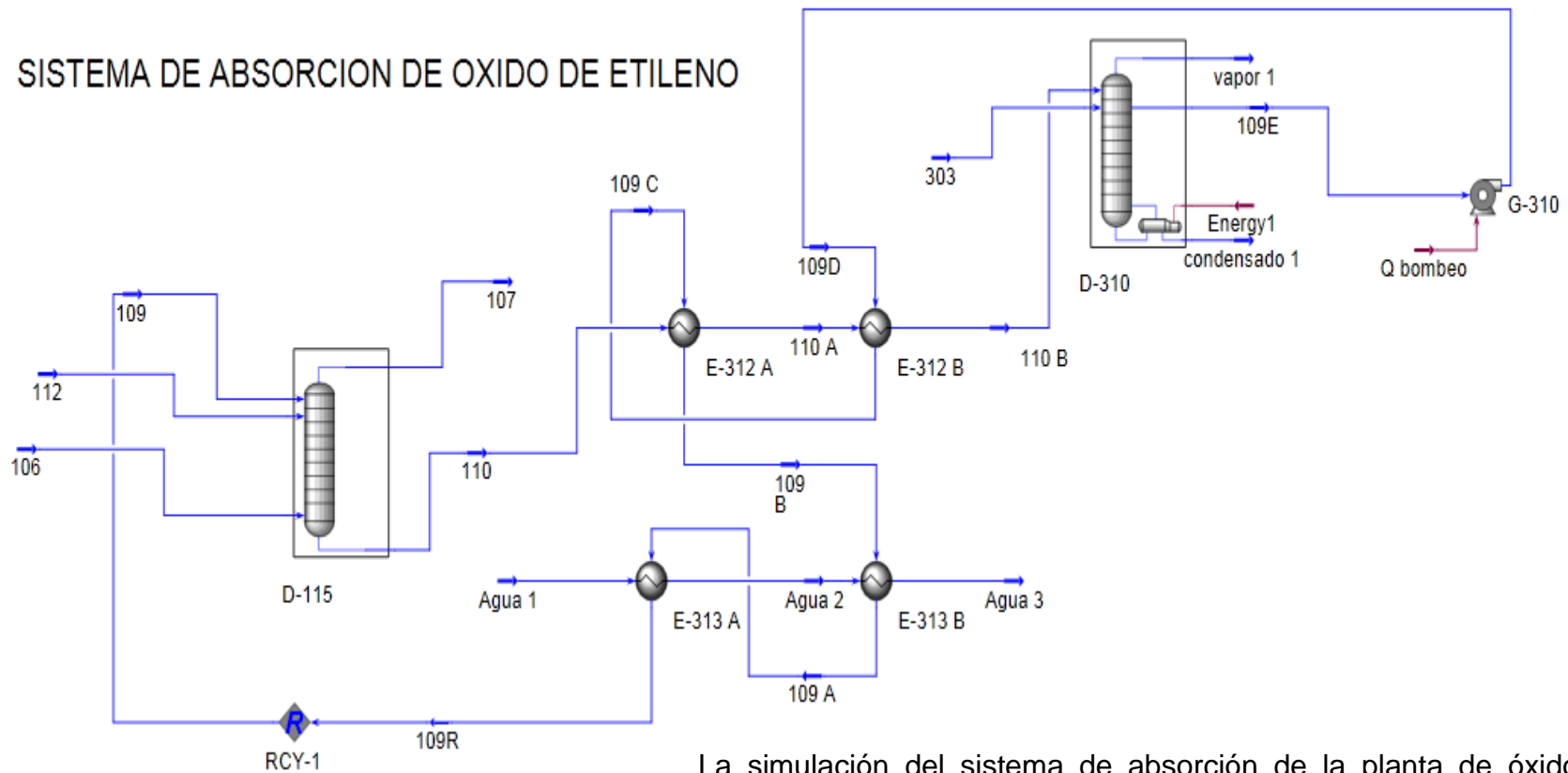


Grafico de control 15.- D-430 Columna de purificación.

- Simulación del Sistema de Absorción de Oxido de Etileno.

SISTEMA DE ABSORCION DE OXIDO DE ETILENO



La simulación del sistema de absorción de la planta de óxido de etileno consistió generalmente en simular la absorción del óxido de etileno contenido en la corriente 106 proveniente de los reactores en la torre lavadora D-115 y su posterior incremento de temperatura hasta 100 °C para su entrada a la columna de agotamiento donde casi todo el óxido de etileno y algo de agua se separan.

Discusión de resultados de la simulación del sistema de absorción de Óxido de etileno.

Se simuló el sistema de absorción de la planta de óxido de etileno con forma a los datos de diseño de equipos y corrientes de los diagramas de flujo de proceso y sus respectivos balances de materia.

Los flujos, composiciones así como sus temperaturas y presiones de las corrientes 107, 110, AGUA 2, 109A, 109B, AGUA 3, 109C, 110A, 110B, VAPOR 1, CONDENSADO 1, 109E, 109D Y 109R se compararon con sus respectivas corrientes en el balance de materia de la planta añadido en este presente trabajo (ver anexo2). Y se encontró que no hay mayor diferencia en ellas, lo que significa que el sistema en la planta está operando en un rango aceptable.

10. CONCLUSIONES.

Se aplicó el análisis de criticidad a un total de 43 equipos dentro de la planta de producción de oxido de etileno y se determino la jerarquía de criticidad en Alta, Media y Baja de los mismos, obteniéndose:

- **Equipos de alta criticidad: 3**

- 1.- C-110 Compresor de gas de recirculación.
- 2.- G-220 A/B Bombas de solución de carbonato.
- 3.- G-410 A/B Bombas de fondos de la agotadora.

- **Equipos de media criticidad: 10**

- 1.- G-110 A/B/C/D Bombas de aceite de reactores.
- 2.- G-320 A/B Bombas de transferencia de carbonato.
- 3.- G-310 A/B/C Bombas de fondos de agotadora.
- 4.- G-320 A/B Bombas de fondos de la reabsorbedora.
- 5.- G- 411 A/B Bombas de reflujo de la refinadora.
- 6.- G-420 A/B Bombas de fondos de la agotadora de CO₂.
- 7.- G-430 A/B Bombas de fondos de la columna de purificación.
- 8.- G-432 A/B Bombas de condensados del rehervidor de la columna de purificación.
- 9.- G-431 A/B Bombas de reflujo de la columna de purificación.
- 10.- G-440 A/B Bombas de producto de óxido de etileno.

- **Equipos de baja criticidad: 30**

E-110 A/B, G-115, D-110 A/B, E-111 A/B, D-115, F-210, E-211, D-210, F-220, D-220, E-220, E-313 A/B, E-312 A/B, D-310, E-310, G-311 A/B, E-311, D-320, E-322, E-321, E-412, D-410, E-410, E-411, F-410, D-420, D-430, E-430, F-430, E-422.

Para la aplicación de ventanas operativas se determinaron puntos críticos de control en 15 equipos del proceso, de las lecturas hechas en cada equipo se obtuvieron los límites de control superior e inferior y se construyeron gráficos de control con esos límites que permitirá facilitar la toma de decisiones en caso de falla y un mejor manejo o monitoreo de los puntos críticos de control del proceso en la planta.

Los resultados de la simulación del sistema de absorción de óxido de etileno se compararon con los balances de materia en la planta (anexo 2) y se llegó a la conclusión de que se encuentran dentro de un rango aceptable de operación por no existir diferencia mayor en cantidad de flujo y composición.

La simulación realizada podrá ser utilizada para hacer cambios en variables del sistema como flujo, temperatura, presión y composición de las corrientes 109, 112, 106 o especificaciones en los equipos simulados y ver su efecto en el rendimiento del mismo para modificaciones futuras.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES.

- [1]. Petróleos Mexicanos, Manual de Toxicología e Higiene Industrial No. 5 “Oxido de Etileno”, Noviembre (1989).
- [2]. Aspen Hysys, www.aspentech.com (2009)
- [3]. PEMEX, Guía Técnica de Confiabilidad Operativa Para la Mejor Practica “Ventanas Operativas”, Agosto (2008).
- [4]. PEMEX, Manual de Operación “Planta de Oxido de Etileno”, Junio (1975).
- [5]. PEMEX, Procedimiento Administrativo Institucional Para la Aplicación de la Metodología del Análisis de Criticidad en Instalaciones, Procesos, Sistemas o Equipos en Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, Abril (2010).
- [6]. Scientific Design Company, SYNDOX 2117S Catalyst Manual, Junio (2007).
- [7]. ROBERT H. PERRY, DON W. GREEN, MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO, Séptima Edición, (2010)
- [8]. W. Shewhart, The Economic Control of Quality of Manufactured Products, D. Van Nostrand, New York (1931).
- [9]. Society American Engineering, Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Junio (2009).
- [10]. British Standard Institute, Publicly Available Specification PAS 55 “Gestión de Activos”, Febrero (2008).

12. Anexo.

1. Diagrama de Flujo de Proceso de la Planta de Oxido de Etileno.
2. Balances de Materia de la Planta de Oxido de Etileno.
3. Tabla de valores de probabilidad de ocurrencia de falla y tabla de valores de consecuencia de la falla.

GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS HUMANOS RELACIONES LABORALES SUR
SUBGCIA. DE ADMON. DE PERS. COATZA.
SUPTCIA. DE REC. HUM. Y RELS. LABS. C.P. CANG.

Ing. Rodrigo Ferrer González
Jefe del Depto. De Gestión Tecnológica
Y Vinculación de Instituto Tecnológico de
Tuxtla Gutierrez Chiapas

Asunto: Aceptación Residencias Profesionales

En atención a su oficio GESTION TEC. Y VINC No. De Oficio DGRyV /441 de fecha 08 de febrero del presente año en donde solicitó la realización de sus Residencias Profesionales a favor del **C. OLGER WONG SANCHEZ**, con número de Control **07510352**, de la carrera de Ingeniería Química, le notifico que ha sido aceptado para realizarlas en la Superintendencia de Ingeniería de Proceso, del Complejo Petroquímico Cangrejera, con vigencia del 25 de Enero al 27 de Junio de 2012, con frecuencia de lunes a viernes de 08:00 a 14:00 horas.

Colaborando en el Proyecto: **"EVALUACION DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DEL SECTOR PLANTAS QUIMICAS DEL C.P. CANGREJERA"**.

Bajo la asesoría de: **ING. PORFIRIO RODRIGUEZ MORENO**

Es importante mencionar que el **C. OLGER WONG SANCHEZ**, se compromete a cumplir con los lineamientos establecidos en materia de Seguridad, Protección Ambiental y Salud Ocupacional que rigen nuestro Sistema Integral, para ello deberá presentarse en las instalaciones con ropa y zapatos de trabajo con las siguientes características: Overol del algodón azul marino y zapatos bajos de cuero con suela antiderrapante.

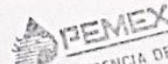
Lo anterior, para los trámites que procedan.

Atentamente,


ING. RICARDO ARMENTA MUJICA
SUPTTE. INT. DE REC. HUM. Y RELS. LABS.

Supervisó: **DAVID ROBLES FRUTOS**

Elaboró: **RITA MARIA BEJARANO GOROCICA**

 SUBDIRECCION DE RELACIONES LABORALES
GERENCIA REGIONAL DE RELACIONES
LABORALES SUR
SUBGERENCIA DE ADMINISTRACION DE PERSONAL
COATZAQUIL

19 ABR. 2012

SUPERINTENDENCIA DE RECURSOS HUMANOS
JEFATURA DE DESARROLLO HUMANO
COMPLEJO PETROQUIMICO CANGREJERA
Correspondencia Despachada



Complejo Petroquímico Cangrejera
Subgerencia de Servicios Técnicos
Superintendencia de Ingeniería de Procesos
Carretera Coatzacoahuila-Villahermosa Km. 10
Coatzacoahuila, Veracruz
C. P. 96400
Conmutador: (921) 1-30-00
Extensiones: 33-230
Tel. Part. (921) 21- 1-30-46

Ing. Rodrigo Ferrer González
Jefe Depto. de Gestión Técnica y Vinculación
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Carretera Panamericana Km. 1080
Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Teléfonos: (961) 615-0380, 615-0461

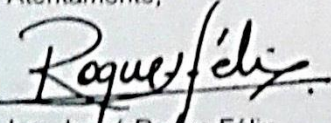
Asunto: Liberación de Residencia Profesional

Informo a usted que el C. Olger Wong Sánchez, estudiante de la carrera de Ingeniería Química del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chis., con número de control 07510352 colaboró en el proyecto **"EVALUACION DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DEL SECTOR PLANTAS QUÍMICAS DEL COMPLEJO PETROQUÍMICO CANGREJERA"** , bajo la supervisión del Ing. Porfirio Rodríguez Moreno.

En base a lo anterior y debido a que cumplió con el tiempo establecido con responsabilidad y profesionalismo, durante el período comprendido del 25 de Enero al 24 de Mayo del 2012, se procede a liberar la Residencia Profesional del C. Olger Wong Sánchez.

Sin otro asunto en particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente,



Ing. José Roque Félix
Superintendente

C.c. - Interesado

Elaboró: Alicia Rodríguez

