

ESPECIFICACIÓN DE UN OPTIMIZADOR DE MEZCLAS DE GASOLINA.

ANTONIO CARLOS MARRUGO AYALA.

ELVIS ALEXANDER CUADRO MARTINEZ.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

DIRECCIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS

2003

ESPECIFICACIÓN DE UN OPTIMIZADOR DE MEZCLAS DE GASOLINA.

ANTONIO CARLOS MARRUGO AYALA.

ELVIS ALEXANDER CUADRO MARTINEZ.

Monografía para obtener en título de ingeniero electrónico.

Director:

JAIME ARCILA IRIARTE.

Ingeniero Electricista.

M.S.C

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

DIRECCIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS

2003

Cartagena de indias, 24 de noviembre del 2003.

Señores:

COMITÉ DE EVALUACION

Facultad de ingeniería eléctrica, electrónica y mecatronica.

Universidad tecnológica de bolívar.

Ciudad.

Estimados señores.

Reciban un cordial saludo, nos permitimos presentar a ustedes para su aprobación la monografía titulada **“ESPECIFICACIÓN DE UN OPTIMIZADOR DE MEZCLAS DE GASOLINA”**, la cual es presentada para obtener el titulo de ingeniero electrónico.

Esperamos que este proyecto sea de su total agrado.

Cordial mente,

ANTONIO C. MARRUGO AYALA.

C.C 8.852.355 De Cartagena

ELVIS A. CUADRO MARTINEZ

C.C. 3.805.730 De Cartagena

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, 24 de noviembre del 2003.

A dios, por haber permitido que mi sueño se hiciera realidad.

A mi padre por haberme brindado la oportunidad de realizar mi sueño y motivarme a seguir siempre hacia delante con sus consejos.

A mi madre por dar la fortaleza y apoyo e inculcarme siempre el camino del bien.

A mis hermanos por animarme en los momentos que más lo necesitaba.

A Jaime Arcila nuestro director por brindarnos la oportunidad de trabajar con él este tema de monografía.

Antonio C. Marrugo Ayala.

*A agradezco a dios, por haberme dado la oportunidad de estudiar esta carrera y darme la fortaleza
de seguir adelante y poder terminarla.*

*A mis padres, por la oportunidad que me dieron y por haber creído en mi, por apoyarme,
aconsejarme y animarme para salir adelante imprimiéndome fortaleza en los momentos que mas los
necesite hasta alcanzar la meta y poder gritar victoria.*

A mis hermanos, que me apoyaron mucho y me dieron animo de salir adelante.

*A mi señora e hija, que gracias a ellas me llene de valor y fortaleza para terminar mi carrera y
poder compensar la confianza que todos han tenido en mi al iniciar la carrera que con esto llega a
su final.*

*A Jaime Arcila , por creer en nosotros al darnos la oportunidad de trabajar en este tema de
monografía para poder culminar nuestro sueño de terminar la carrera y llegar a la meta después de
tantos tropiezos*

*A mis Compañeros, por el apoyo que me dieron y por la ayuda que me brindaron en los momentos
que mas lo necesite.*

Elvis Cuadro.

CONTENIDO.

	Pagina.
INTRODUCCION.	
1 SISTEMA DE MEZCLA DE GASOLINA.	12
1.1. DESCRIPCION GENERAL DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA.	12
1.2. ELEMENTOS DE CAMPO DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA.	14
1.2.1. Tanques de componentes y producto.	14
1.2.2. Válvulas motorizadas.	15
1.2.3. Bombas.	15
1.2.4. Lazos de control de flujo.	16
1.2.5. Control de recirculación.	17
1.2.6. Cabezal de producto.	17
1.2.7. Analizadores.	18
1.3. ELEMENTOS DE CONTROL DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA.	18
1.3.1. Sistema de control regulatorio de mezcla (rbc).	20
1.3.2. Sistema de control avanzado de mezcla.	22
1.3.3. Optimizador	
1.4. DEFINICIÓN GENÉRICA DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN.	27

2. BASE DE DATOS RELACIONAL DE PRODUCTOS Y COMPONENTES.	29
2.1 ANÁLISIS PREVIO AL MODELO DE DATOS RELACIONAL.	30
2.2. DIAGRAMA DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL.	33
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL.	34
3. OPTIMIZADOR DE MEZCLAS.	55
3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACION DE MEZCLAS.	55
3.1.1 Entradas.	56
3.1.2 Salidas.	58
3.1.3 Ecuaciones.	59
3.1.4 Restricciones.	60
3.1.5 Función Objetivo.	61
3.2 . MODELAMIENTO RELACIONAL.	66
3.3 . SOLUCIONES PLANTEADAS AL PROBLEMA DE OPTIMIZACION.	66
3.3.1 Solución lineal del problema.	66
3.3.2 Solución con técnicas basadas en redes neuronales.	67
3.3.3 Solución con algoritmos genéticos.	68
3.3.4 Solución con métodos de linelización.	70

LISTA DE GRAFICAS Y TABLAS

	Pagina.
Figura 1, Prototipo del sistema de mezcla.	15
Figura 2, diagrama de la base de datos relacional.	34
Tabla, entidad analizador.	35
Tabla, entidad cabezal.	36
Tabla, entidad cabezal_producto.	36
Tabla, entidad componente	37
Tabla, entidad componente_propiedad	38
Tabla, entidad componente_sm	38
Tabla, entidad especificación	39
Tabla, entidad especificacion_propiedad	40
Tabla, entidad fuente_medicion	41
Tabla, entidad magnitud	42
Tabla, entidad medicion_propiedad_producto_cabezal	44
Tabla, entidad medicion_propiedad_tk_componente	46
Tabla, entidad medicion_propiedad_tk_producto	48
Tabla, entidad producto	50
Tabla, entidad producto_propiedad	51
Tabla, entidad producto_sm	52

Tabla, entidad propiedad	52
Tabla, entidad siistema_mezcla	53
Tabla, entidad tk_componente	54
Tabla, entidad tk_producto	54
Tabla, entidad unidad	55
Tabla, entidad unidad_propiedad	55
Figura 3, modelo de datos relacional del optimizador	66

RESUMEN

Este modelo de proceso está conformado por un conjunto de tanques, tuberías, bombas, medidores, válvulas de control y un mezclador estático y sus lazos de control; estos equipos, distribuidos adecuadamente, permiten la preparación de gasolina regular, gasolina extra o cualquier otra calidad intermedia. El objetivo del mezclador consiste en lograr que el producto obtenido, reúna todas las especificaciones de calidad pre establecidas, a partir de las calidades disponibles de los diferentes componentes.

Se hace necesario la interacción del sistema de control avanzado de mezcla y el optimizador con el sistema de mezclado para poder garantizar el cumplimiento de todas las especificaciones del producto, dentro de los límites de todas y cada una de las especificaciones, minimizando la pérdida o regalo de la calidad.

Es importante identificar que la Función objetivo bajo esta óptica puede tener dos contextos: El primero es minimizar el gasto y el segundo maximizar la ganancia, lo cual obviamente generará dos soluciones distintas al problema. Estos dos esquemas serán planteados como producto y se generaran las especificaciones del optimizador.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo especificar el optimizador de un sistema de mezclado de gasolina.

Para cumplir con este objetivo se ha planteado en este trabajo un modelo representativo del sistema completo de mezclado de gasolina. El cual esta compuesto por el sistema de control regulatorio, que lo conforma una serie de instrumentos y equipos cuya función principal es regular los flujos de los componentes, también lo conforma el sistema de control avanzado este consiste en una serie de programas encargados de ejecutar desde un servidor tareas específicas que contribuyen con el desarrollo del objetivo final de este sistema, adicionalmente lo conforma una base de datos relacional de productos y componentes que se encarga de almacenar los datos necesarios para la ejecución de los programas que lo conforman y proporcionar la información que de este sistema se requiera para el correcto funcionamiento, y por ultimo el optimizador el cual se encargara de programar las acciones de control basándose en los costos del componente y el producto para mantener todas propiedades dentro de su especificación límite. Este está conformado por varios programas. El optimizador puede llevar a cabo más de una mezcla a la vez y está interactuando periódicamente con la base de datos.

Este trabajo se desarrollo debido a que Estos dos últimos el sistema de control avanzado de mezcla y el optimizador todavía no se han implementado, y para poder garantizar el cumplimiento de todas las especificaciones del producto, dentro de los limites de todas y cada una de las especificaciones, minimizando la perdida o regalo de la calidad nos hemos centrado en esto para nuestro estudio de investigación.

1 SISTEMA DE MEZCLA DE GASOLINA

1.1 DESCRIPCION GENERAL DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA

Para el desarrollo de este trabajo, se ha seleccionado un prototipo del proceso de mezclado de gasolina, el cual se describe a continuación. Dicho prototipo refleja el comportamiento y la filosofía operacional de un sistema de mezclado completo.

El sistema de mezclado consiste en combinar varios componentes que tienen diferentes propiedades para obtener un producto con unas especificaciones de calidad previamente establecidas. Aunque la mezcla tiene mucho de arte y ciencia, los procedimientos matemáticos le permiten al refinador predecir en muchas ocasiones con exactitud aceptable las proporciones de los componentes que determinan la calidad deseada en el producto final. Se evita así el procedimiento de ensayo y error, y las pérdidas a que este conlleva.

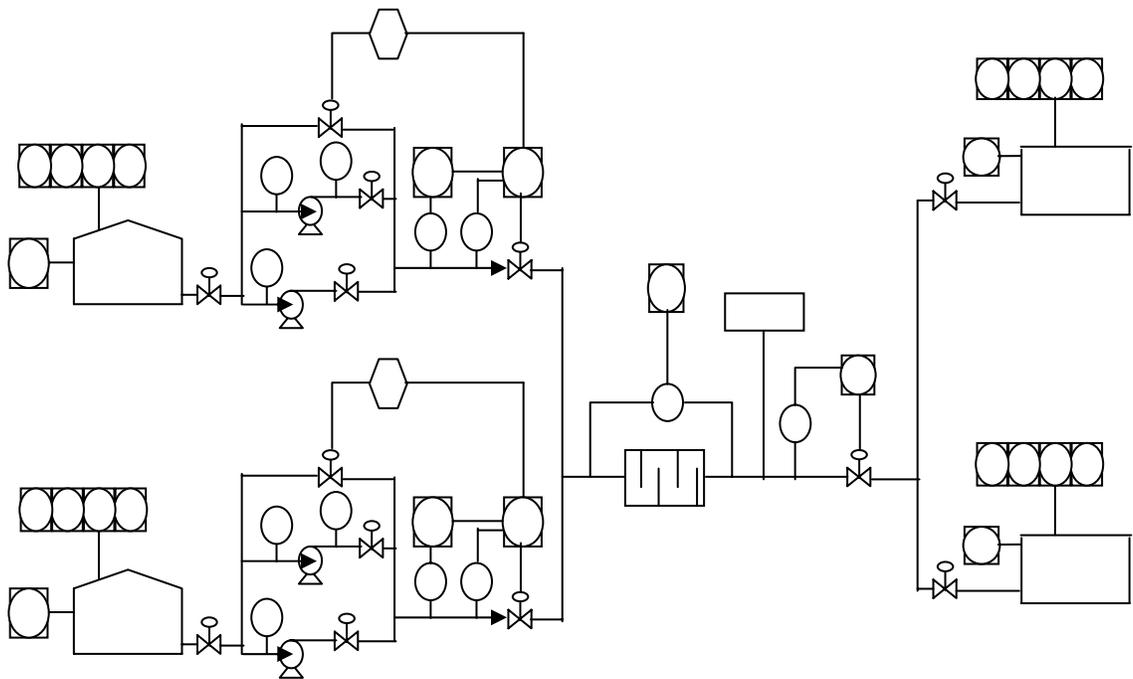
Un sistema de mezclado se constituye de un conjunto de equipos e instrumentos, en el cual cada componente tiene asignado un lazo de control de flujo conformado por un medidor de flujo y su respectivo transmisor, una válvula de control de flujo ó elemento final de control y un controlador de flujo

configurado en el DCS, cuya función es llevar a cabo los procesos de mezclas. Este sistema se encarga de mantener el control de la relación de flujos predeterminada con cada receta de mezclas; ya que cada componente tiene asociada una calidad y cada producto tiene asociada una especificación.

Un Sistema de mezclado completo está conformado por los elementos de campo indicados, un Sistema de Control Distribuido, un Sistema de Control Avanzado y un Optimizador.

En la siguiente grafica se muestra el prototipo del sistema de mezcla de gasolina:

Figura 1, Prototipo del sistema de mezcla.



El objetivo del mezclador de gasolina consiste en lograr que el producto obtenido, reúna todas las especificaciones de calidad pre establecidas, a partir de las calidades disponibles de los diferentes componentes.

Los componentes considerados son los siguientes:

- Nafta Virgen (NV)
- Nafta craqueada liviana (LCN)
- Nafta polímera (POL)

Los productos considerados son los siguientes:

- La gasolina regular o gasolina motor (REG)
- La gasolina extra o premium (EXT).

Adicionalmente, es posible preparar cualquier tipo de producto de características similares para el cual simplemente se deben definir las especificaciones de calidad que deben cumplirse.

1.2. ELEMENTOS DE CAMPO DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA

1.2.1. TANQUES DE COMPONENTES Y PRODUCTO

Los componentes se almacenan de manera segregada en tanques, los cuales disponen de una válvula motorizada (On/Off) que abre o cierra la salida de componente hacia el mezclador.

Los tanques asignados para cada uno de los componentes son los siguientes:

- Tanque de Nafta Virgen (TK-NV)
- Tanque de Nafta craqueada liviana (TK-LCN)
- Tanque de Nafta polímera (TK-POL)

Los tanques asignados para el almacenamiento de los productos son:

- Tanque de gasolina regular o gasolina motor (TK-REG)
- Tanque de gasolina extra o premium (TK-EXT).

Los productos intermedios son almacenados en los mismos tanques, dependiendo de la cercanía o afinidad de las especificaciones a reunir.

1.2.2. VALVULAS MOTORIZADAS

Son dispositivos actuadores utilizados para la selección de los distintos tanques de componentes, bombas y tanques de productos, que operan a través de señales provenientes del DCS.

1.2.3. BOMBAS

La adición de los componentes hacia el mezclador se hace por medio de bombas pre asignadas a cada uno de los componentes. Por razones de diseño, no es posible compartir bombas entre componentes.

Las bombas asignadas a cada componente pueden trabajar todas al mismo tiempo o una sola dependiendo del flujo requerido para la preparación del producto.

Cada dispone en su succión de un switch de baja presión (PSL), el cual se encarga de proteger la bomba por pérdida de presión. El switch detecta baja presión en la sección y actúa como un interlock enviando la señal de apagado directamente al arrancador del motor.

Cuando existe mas de una bomba asignada a un mismo componente, se dispone de un switch de baja presión en la descarga de cada una de dichas bombas, el cual envía al DCS una señal de alarma.

Cada bomba dispone en su descarga de una válvula motorizada destinada a bloquear el flujo a través de ella (cerrar), cuando esté apagada. Esta válvula motorizada permite seleccionar una o mas bombas para un componente dependiendo si tiene dos o mas bombas asignadas.

1.2.4. LAZOS DE CONTROL DE FLUJO

Cada componente tiene asignado un único lazo de control de flujo conformado por un medidor de flujo con su respectivo transmisor, una válvula de control de flujo ó elemento final de control y un controlador de flujo configurado en el DCS.

Cada medidor de flujo cuenta además con un medidor y transmisor de temperatura, cuya señal es llevada al DCS para la corrección del volumen por cambios de temperatura del fluido.

El objetivo del control de flujo o Set Point del controlador, es fijado por el sistema de control en función de los cálculos de mezcla. Este objetivo puede provenir del Sistema de Control Avanzado.

1.2.5. CONTROL DE RECIRCULACION

En la descarga de cada conjunto de bombas asignadas a un componente, existe una válvula de control de recirculación, encargada de abrir y desviar el componente hacia la succión de las bombas respectivas cuando el flujo principal sea menor que la suma de los flujos mínimos de operación de la bomba o conjunto de bombas asignadas al componente. Esto se realiza como un mecanismo de protección de los equipos.

1.2.6. CABEZAL DE PRODUCTO

El cabezal de producto recibe las descargas de todos los componentes para que pasen a través de un mezclador estático encargado de homogenizar la mezcla, después del cual va el lazo de control de presión encargado de mantener las 60 Psig de presión, que garantizan que la adición de butano se haga de manera segura.

1.2.7. ANALIZADORES

Los analizadores, solamente participan en el control de calidad de las mezclas y no tienen ninguna incidencia en la lógica y secuencia del Sistema de Control Regulatorio; por lo tanto, la siguiente descripción de su funcionalidad es solamente informativa.

La función de los analizadores es medir diferentes propiedades en línea de los productos y componentes. Los analizadores típicos en un Sistema de Mezclado de gasolina son:

- Analizador de RVP (Reid Vapor Pressure).
- Cromatógrafo de destilación.
- Analizador de azufre.
- Analizador NIR (Near Infrared).

1.3. ELEMENTOS DE CONTROL DE UN SISTEMA DE MEZCLAS DE GASOLINA

Un sistema de control de mezclado de gasolina tiene tres niveles de control:

- RBC (Sistema de Control Regulatorio): Este nivel maneja los controles regulatorios de flujos, la lógica y secuencia del Sistema de Mezclas.
- ABC (Sistema de Control Avanzado): Este nivel superior maneja el control avanzado de mezclas, administrando la información de

propiedades de mezclado para enviarla al optimizador, recibiendo la receta óptima y descargándola en el RBC.

- Optimizador: Este nivel superior se encarga de generar la receta óptima de la mezcla y se la envía al Sistema de Control Avanzado.

1.3.1. SISTEMA DE CONTROL REGULATORIO DE MEZCLA (RBC)

Este Sistema se encuentra a nivel del DCS y su función principal es regular los flujos de los componentes de la mezcla.

La estrategia de control regulatorio está conformada por una combinación de algoritmos de control PID (Proporcional / Integral / Derivativo) de control regulatorio de flujo, los cuales se encargan de mantener el control en el valor objetivo o set point que se haya establecido bien sea por el control avanzado o por el operador en aquellos caso en que el control sea manual.

Además se encuentran incorporada la estrategias de lógica y secuencia, para arranque, parada de equipos, alistamiento de ejecución y control de todos los pasos asociados con el manejo de los equipos del mezclador de gasolina.

Dentro de las funciones del Sistema de Control Regulatorio, se tiene:

- Calcular los set points para mantener las relaciones de flujo acorde con la receta dada.
- Mantener la rata de flujo total en el objetivo de la rata de flujo de la receta.
- Rampear el flujo hacia arriba y hacia abajo según se requiera.

- Integrar volúmenes individuales de cada componente durante la mezcla a partir de sus mediciones de rata de flujo.
- Calcular la rata de flujo total del mezclador a partir de la suma de las ratas de flujo de los componentes individuales.
- Calcular el volumen total mezclado a partir de los volúmenes individuales de cada componente.
- Desplegar el volumen objetivo del bache y los volúmenes requeridos que se espera de cada uno de los tanques de componente.
- Calcular el tiempo de finalización esperado para la mezcla, basado en el volumen objetivo de rata de flujo y el volumen acumulado.
- Arrancar el mezclado ante requerimiento del usuario.
- Parar el mezclado automáticamente cuando el volumen de mezcla alcanza el volumen del bache o por requerimiento del usuario.
- Hacer el alineamiento y el secuenciamiento de los equipos, basado en los tanques de componentes y producto que han sido seleccionados.
- Monitorear los equipos del sistema durante la mezcla y toma las acciones que sean necesarias (alarma, prevención, pausa de la mezcla) si una falla o mala función de un equipo es detectada.

El sistema de control regulatorio es capaz de ejecutar de manera independiente una mezcla completa, sin control avanzado y sin analizadores en línea de producto.

1.3.2. SISTEMA DE CONTROL AVANZADO DE MEZCLA

El control avanzado de propiedades lo que hace es manejar un algoritmo de control que dispone de un modelo de optimización el cual corre en forma periódica para predecir las propiedades de mezclado y determina las cantidades a utilizar de cada uno de los componentes participantes en la mezcla. Las cantidades a utilizar de cada componente son lo que se conoce en el argot de mezclado de productos, como receta de mezclado.

El secreto del mezclado consiste en predecir cual será el valor de una propiedad en la mezcla de gasolina cuando se mezclan los componentes en determinadas proporciones. La contribución de cada propiedad por parte de cada componente no es lineal y por ello se definen ecuaciones de mezcla que permiten predecir el comportamiento y contribución de la propiedad de calidad de cada uno de los componentes participantes en la mezcla.

El Sistema de Control Avanzado debe interactuar con el sistema de control regulatorio para cumplir con las necesidades de calidad y rentabilidad de producción en una forma equilibrada. El sistema de Control Avanzado de mezclas está conformado por una serie de programas encargados de ejecutar desde un servidor tareas específicas que contribuyen con el desarrollo del objetivo final de este sistema.

El corazón del Sistema de Control Avanzado de mezclas es una base de datos relacional que se encarga de almacenar los datos necesarios para la ejecución de los programas que lo conforman y proporcionar la información que de este sistema se requiera para el correcto funcionamiento del resto del

sistema de Blending, la base de datos relacional es elemento por medio del cual el sistema de Control Avanzado de interactúa con los demás componentes del Sistema de Mezcla. Esta base de datos contiene la siguiente información:

- Información de equipos, alineamientos y topología del sistema, lo cual sirve para seleccionar las posibles rutas en que se va a efectuar el Mezclado.
- Información de interfaces, lo cual sirve para la interacción del Sistema de Control Avanzado con otros sistemas tales como el Sistema de Control Regulatorio, Optimizador, Sistema de Laboratorio, etc.
- Información de calidad, para el almacenamiento de lecturas de calidad de componentes, especificaciones de calidad de productos. Esta información es requerida por el optimizador para el cálculo.
- Información de órdenes de mezcla, lo cual es un registro histórico y transaccional de las actividades realizadas en el Sistema de Control Avanzado.
- Información administrativa, para el control de acceso a la aplicación con sus respectivos usuarios, claves, perfiles, etc.

Las funciones de los programas que conforman el sistema de control avanzado son:

- Calcular la receta óptima inicial de acuerdo a los objetivos generales de producción y componentes disponibles.
- Informar que se han empezado a mezclar los productos. Esta función necesita para su ejecución la información de los tanques, equipos

seleccionados por el operador, especificación de los productos y los valores de los materiales o componentes para así poder obtener y enviar al control regulatorio la receta óptima para cualquiera de los procesos de mezclado de productos de comercialización de la refinería, gasolina regular o extra. Esta función puede llevar a cabo más de una mezcla a la vez y esta interactuando constantemente con la base de datos periódicamente.

- Analizar los datos obtenidos por los analizadores para detectar si alguno de ellos arroja como valor una lectura errónea.
- Descargar en el sistema de control regulatorio mediante la interfase de comunicaciones la orden inicial de mezcla.
- Analizar la calidad acumulada del tanque a medida que varía la cantidad de producto contenida en el.
- Interfase amigable con el usuario y permite ver que instrumentos han sido escogidos, el alineamiento, orden de mezcla, etc.

1.3.3. OPTIMIZADOR

El optimizador es el cerebro del Sistema de Control avanzado de Mezclas y se convierte en el módulo principal de este trabajo.

Este sistema procura programar las acciones de control basándose en los costos de componentes y el producto para mantener todas propiedades dentro de su especificación límite. Este está conformado por varios

programas. El optimizador puede llevar a cabo más de una mezcla a la vez y está interactuando periódicamente con la base de datos.

Para que el Sistema sea efectivo, se requiere un optimizador no lineal, el cual pueda calcular los objetivos óptimos de componentes, relación de aditivos, flujo total mezclado y objetivos de calidad y especificaciones que debe reunir el producto final mezclado. Su objetivo es determinar la(s) receta(s) mas económica(s) para unas condiciones dadas de disponibilidad y calidad de componentes y aditivos, restricciones de inventario y configuración de facilidades de campo (Tanques, bombas, válvulas motorizadas, medidores, instrumentos, etc.).

El optimizador debe poder ejecutarse en línea y de manera cíclica para encontrar las recetas de uno o mas mezcladores, de manera simultánea y usando los datos actuales. El optimizador también tendrá un modo “Off line” que podrá ser invocado por el operador, el ingeniero o el programador para optimizar y validar recetas de órdenes de mezclas. Todos los modos deberán usar los mismos modelos y lógica similar aunque la fuente de datos y los tiempos pueden ser diferentes.

Un optimizador de un Sistema de Mezclas de Gasolina debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Para el modo “on-line”, enviar las relaciones y objetivos de mezcla de manera automática o por requerimiento del operador.
- La aplicación deberá ajustar la receta de la mezcla en cada intervalo de optimización con el fin de: Minimizar las desviaciones de la especificación del producto mezclado; y/o minimizar el costo del bache mezclado, con

base en el valor económico de los componentes; y/o minimizar el regalo de calidad; y/o minimizar la desviación de la receta objetivo inicial.

- Deberá soportar la configuración y ejecución de múltiples mezcladores en línea.
- Deberá soportar la operación múltiple de productos.
- Deberá soportar la operación de múltiples cabezales de producto para un mismo sistema de mezcla.
- Deberá disponer de ecuaciones de cálculo o índices de mezcla o factores de predicción para estimar variables de calidad.
- Deberá soportar el cálculo de propiedades lineales y no lineales.
- La función de optimización deberá ser capaz de cumplir los objetivos de optimización, sin violar las restricciones y/o limitaciones de equipos, bombas y tuberías.
- La función de manejo de propiedades deberá manejar datos de señales de analizadores, de entrada manual y de cálculos.

Estos modelos y lógica se convierten en una gran caja negra, debido a los algoritmos complejos que deben utilizara para poder solucionar este problema no lineal de optimización.

1.4. DEFINICIÓN GENÉRICA DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN

El problema de mezclado se puede definir de manera genérica a continuación. Primero que todo, defínase la calidad de un producto o de un

componente como un conjunto de propiedades químicas a cada uno de los cuales se le asocia un valor medible.

A partir de las calidades de los componentes y del producto se desea generar una especificación de calidad para ese producto bajo unos rangos de calidad pre-establecidos. Existen otras variables que intervienen, tales como los precios de los componentes, precio del producto, precios de regalos de calidad y volumen deseado de producto. Con toda esta información cuando una mezcla esta corriendo en línea y los Set-Points de flujo son gobernados por el Sistema de Control Avanzado, el optimizador debe ser capaz de generar una sugerencia periódica indicando la proporción de componentes que al final de cuenta dará los mayores beneficios.

Es importante identificar que la Función objetivo bajo esta óptica puede tener dos contextos: El primero es minimizar el gasto y el segundo maximizar la ganancia, lo cual obviamente generará dos soluciones distintas al problema. Estos dos esquemas serán planteados como producto de este trabajo de monografía.

Las entradas al optimizador incluye lo siguiente:

- Volumen requerido de producto.
- Especificaciones del producto.
- Propiedades y volumen del tanque de producto (“Heel”).
- Disponibilidad de componentes.
- Propiedades de los componentes.
- Valores económicos de los componentes.
- Limitaciones de componentes

- Receta inicial

La salida o la receta, incluye lo siguiente:

- Flujo y volumen total objetivo de mezcla.
- Relaciones de componentes.
- Objetivos de calidad del cabezal de mezcla.

2. BASE DE DATOS RELACIONAL DE PRODUCTOS Y COMPONENTES.

La base de datos relacional que conforma el sistema de control avanzado de mezclas es una estructura de manejo de información que proporciona ventajas tales como la posibilidad de comunicación con otros sistemas y el manejo de la integridad de los datos. Esta herramienta se utilizará para almacenar y manejar todo los datos de interés de los procesos de mezclado tales como lo son: información de los equipos, información de las propiedades de los componentes y productos, información de las especificaciones de los productos, información de las ordenes de mezcla, información de laboratorio, entre otras. Este sistema debe ser relacional con el fin de proporcionar consistencia en el manejo de los datos, y prevenir posibles errores que podrían presentarse con otro tipo de sistema.

La base de datos relacional puede considerarse entonces, como el corazón del sistema del Control Avanzado ya que suministra y almacena toda la información necesaria valiéndose de programas de aplicación que descargan en ella los datos actualizados para que sean a su vez descargados mediante la interfase en la base de datos del sistema de control regulatorio de mezclas el cual deberá ejecutar las instrucciones sugeridas por el sistema de control avanzado.

En la base de datos relacional la información estará agrupada en cinco bloques así:

- Equipo.
- Calidad.
- Orden de mezcla.
- Interface.
- Administración.

De esta forma toda la información proveniente de cualquier punto del sistema de mezclado será almacenada en forma organizada.

2.1 ANÁLISIS PREVIO AL MODELO DE DATOS RELACIONAL

Es necesario realizar una Base de datos, con la finalidad de guardar los datos que hagan referencia a los componentes, productos y especificaciones de calidad de los mismos así como también los referentes a las propiedades que se requieren controlar.

Esta Base de Datos deberá almacenar lo siguiente:

- Componentes: Es necesario que la Base de Datos relacional tenga información de los componentes que se necesiten utilizar. Esta información podría estar conformada por los siguientes datos: sistema de mezclado en los que puede participar cada componente, volumen que se tiene almacenado de cada componente y la mezcla para la cual se utilizara cada componente.
- Productos: En la Base de Datos relacional se deberá almacenar información acerca de los productos que se necesiten obtener. Esta

información podrá estar conformada por los siguientes datos: sistema de mezclado en el que se obtendrá determinado producto y volumen que se tiene almacenado de cada producto.

- Propiedades: En la Base de Datos relacional se deberá almacenar información acerca de las propiedades de los componentes y de los productos. Este tipo de información podrá contener datos como: propiedades que participan en cada mezcla junto con su valor mas reciente en el proceso.
- Especificaciones de calidad: En la Base de Datos relacional se deberá almacenar información acerca de las especificaciones. Este tipo de información podrá contener datos tales como: rango de medición de cada propiedad, especificación asociada a cada producto que se obtenga.

Requerimientos para el diseño de la Base de Datos relacional:

- Se deben definir los diversos componentes y productos que podrán intervenir en cada sistema de mezclas.
- Se debe definir las diversas propiedades de los componentes que participan en la mezcla.
- Se deben definir las mediciones de propiedades de componentes en tanques, junto con su procedencia.
- Se deben definir las mediciones de propiedades de componentes en línea de proceso.

- Se deben definir las diversas propiedades que tienen cada uno de los productos.
- Se deben definir las mediciones de propiedades de productos, junto con su procedencia.
- Se deben definir las mediciones y/o cálculos de propiedades de productos en tanques, junto con su procedencia.
- Se deben definir las diversas especificaciones de calidad (rangos) de cada uno de los productos.

2.3. DESCRIPCION DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL.

ANALIZADOR

Descripción

Esta entidad almacenará los datos de interés para el control avanzado en lo referente a los analizadores que miden las propiedades de los componentes y los productos durante las mezclas.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada analizador.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada analizador existente.	LONG
Estado_Op	Estado de operación que puede tomar un analizador, el cual indica si el analizador esta en buen estado <<1>> o esta en mal estado <<0>>.	NUMBER(1)
Valor_Medido	Valor medido de la ultima medición de propiedad realizada por el analizador correspondiente.	FLOAT
Time_Stamp	Estampa de tiempo en la que realizo la ultima medición de	DATE

Nombre	Descripción	Tipo
	propiedad correspondiente.	

CABEZAL

Descripción

Esta entidad almacena los datos del equipo en donde se realiza la mezcla el cual se ha denominado cabezal. El cabezal hace referencia al lugar en donde se mezclan los componentes para obtener un producto.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación del cabezal: Cada cabezal debe tener un código único que lo diferencie de los demás.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general del cabezal.	LONG

CABEZAL_PRODUCTO

Descripción

Esta entidad almacenará los productos que pueden ser mezclados en cada uno de los cabezales con el fin de tener genéricamente esta información.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de cada producto que puede ser mezclado en el cabezal.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada relación existente entre un cabezal y los productos que se designen mezclar en este.	LONG

COMPONENTE

Descripción

Esta entidad almacenará cada componente que se pueda utilizar en cualquier mezcla no implica conocimiento de inventario, pues la existencia que se tenga de cada componente se referenciará en los tanques.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada componente.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de un componente.	LONG
Precio	Precio por barril al que se obtuvo	NUMBER

Nombre	Descripción	Tipo
	cada componente.	

COMPONENTE_PROPIEDAD

Descripción

Esta entidad almacenará de forma genérica las propiedades que pertenezcan a cada componente, con el fin de tener información al momento de configurar las mediciones en campo.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de cada propiedad perteneciente a un componente.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada relación dada entre una propiedad y un componente.	LONG

COMPONENTE_SM

Descripción

Esta entidad define los componentes que participaran en los procesos de mezclado en cada uno de los sistemas de mezclado existentes.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad del registro en la que se tendrá cada sistema de mezcla en el que participa un componente.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada relación existente entre un componente y un sistema de mezclado.	LONG

ESPECIFICACION

Descripción

Esta entidad almacenará cada una de las especificaciones que deba tener un producto en según temporadas o estaciones del año, es decir en cada periodo determinado pueden existir especificaciones diferentes para cada producto.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada especificación.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de la especificación que puede requerir	LONG

Nombre	Descripción	Tipo
	un producto.	
Estacion_Año	Estación del año en la que puede ser utilizada esta especificación.	CHAR(20)

ESPECIFICACION_PROPIEDAD

Descripción

Esta entidad almacenará cada una de las especificaciones de cada propiedad que existen por cada especificación de producto que exista almacenada en la entidad especificación.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Estación del año en la que puede ser utilizada esta especificación.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general que puede tener la especificación de una propiedad	LONG
Valor_Min	Descripción general que puede tener la especificación de una propiedad	NUMBER
Valor_Max	Valor máximo que puede tomar	NUMBER

Nombre	Descripción	Tipo
	una propiedad en la especificación del producto.	
Bmin	Indica si debe tenerse en cuenta el mínimo valor de especificación de una propiedad en un producto de la siguiente forma <<1>> debe ser tenido en cuenta <<0>> no debe ser tomado en cuenta.	NUMBER(1)
Bmax	Indica si debe tenerse en cuenta el máximo valor de especificación de una propiedad en un producto de la siguiente forma <<1>> debe ser tenido en cuenta <<0>> no debe ser tomado en cuenta.	NUMBER(1)

FUENTE_MEDICION

Descripción

Esta entidad almacenará cada una de las posibles fuentes de las cuales se pueda obtener una medición de una propiedad.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de la fuente de medición.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de la fuente de medición.	LONG

MAGNITUD

Descripción

Esta entidad almacenará las diferentes magnitudes que se pueden medir con la finalidad de facilitar las conversiones de una unidad a otra.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada magnitud.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de una magnitud.	LONG

MEDICION_PROPIEDAD_COMPONENTE_SM

Descripción

Esta entidad almacenará los últimos valores de medición de una propiedad de un componente tenidos de analizador, cálculos, inferencias y laboratorio,

durante el cumplimiento de una mezcla, esta medición se realizara a la salida de cada estación de bombeo.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de cada una de las propiedades que pertenecen a un componente de un sistema de mezcla.	CHAR(20)
Valor_Analizador	Valor de la medición de la propiedad por parte del analizador.	NUMBER
Valor_Calculado	Valor de la medición de la propiedad por parte de un calculo realizado.	NUMBER
Valor_Inferido	Valor de la medición de la propiedad por parte de una inferencia determinada.	NUMBER
Valor_Laboratorio	Valor de la medición de la propiedad por parte del laboratorio.	NUMBER
Time_Stamp_Valor_Analizador	Estampa de tiempo en la que se obtiene el valor de la medición del	DATE

Nombre	Descripción	Tipo
	analizador con respecto una propiedad determinada.	
Time_Stamp_Valor_Calculado	Estampa de tiempo en la que se obtiene el valor de una propiedad determinada mediante un calculo.	DATE
Time_Stamp_Valor_Inferido	Estampa de tiempo en la que se obtiene un valor inferido de una propiedad determinada.	DATE
Time_Stamp_Valor_Laboratorio	Estampa de tiempo en la que se obtiene el valor de la medición del laboratorio con respecto una propiedad determinada.	DATE

MEDICION_PROPIEDAD_PRODUCTO_CABEZAL

Descripción

Esta entidad almacena los últimos valores de medición de una propiedad de un producto tenidos de analizador, cálculos, inferencias y laboratorio, durante el cumplimiento de una mezcla, esta medición se realizara en cada cabezal.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de una propiedad de un producto en cabezal determinado.	CHAR(20)
Valor_Analizador	Valor obtenido de la medición de la propiedad del producto que realiza un analizador a la salida del cabezal.	NUMBER
Valor_Calcualdo	Valor de la propiedad calculado por medio de una rutina de control avanzado.	NUMBER
Valor_Inferido	Valor obtenido de una inferencia que se realiza sobre la propiedad del producto que sale del cabezal.	NUMBER
Valor_Laboratorio	Valor obtenido de la medición de la propiedad del producto que realiza un analizador del laboratorio de una muestra del producto tomada a la salida de un cabezal.	NUMBER
Time_Stamp_Valor_Analizador	Estampa de tiempo en la que se registro el valor de la medición de	DATE

Nombre	Descripción	Tipo
	la propiedad tomada por un analizador.	
Time_Stamp_Valor_Calcualdo	Estampa de tiempo en la que se registro el valor de la propiedad que ha sido calculado.	DATE
Time_Stamp_Valor_Inferido	Estampa de tiempo en la cual se registra el valor de la medición de la propiedad por parte de una inferencia.	DATE
Time_Stamp_Valor_Laboratorio	Estampa de tiempo en la cual se registra el valor de la medición de la propiedad por parte del laboratorio.	DATE

MEDICION_PROPIEDAD_TK_COMPONENTE

Descripción

Esta entidad almacenará los últimos valores de medición de un componente de un producto tenidos de analizador, cálculos, inferencias y laboratorio, durante el cumplimiento de una mezcla, esta medición se realizara en cada tanque que almacene dicho componente.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de la propiedad del tanque de componente.	CHAR(20)
Valor_Analizador	Valor obtenido por el analizador que referencia una propiedad de un tanque de componente.	NUMBER
Valor_Calculado	Valor obtenido mediante un calculo de una rutina de control avanzado haciendo referencia a una propiedad de un tanque de componente.	NUMBER
Valor_Inferido	Valor obtenido mediante una inferencia a una propiedad de un tanque de componente.	NUMBER
Valor_Laboratorio	Valor obtenido por el laboratorio haciendo referencia a una propiedad de un tanque de componente.	NUMBER
Time_Stamp_Valor_Analizador	Estampa de tiempo del valor obtenido por el analizador que referencia una propiedad de un	DATE

Nombre	Descripción	Tipo
	tanque de componente.	
Time_Stamp_Valor_Calculado	Estampa de tiempo en la cual se obtiene el calculo referenciando a la propiedad del tanque de componente.	DATE
Time_Stamp_Valor_Inferido	Estampa de tiempo en la que se infiere un valor para una propiedad de un tanque de componente.	DATE
Time_Stamp_Valor_Laboratorio	Estampa de tiempo del valor obtenido por el laboratorio haciendo referencia a una propiedad de un tanque de componente.	DATE

MEDICION_PROPIEDAD_TK_PRODUCTO

Descripción

Esta entidad almacena los últimos valores de medición de una propiedad de un producto tenidos de analizador, cálculos, inferencias y laboratorio, durante el cumplimiento de una mezcla, esta medición se realizara en cada tanque de producto.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de una propiedad de un tanque de producto.	CHAR(20)
Valor_Analizador	Valor obtenido por el analizador que referencia una propiedad de un tanque de producto.	NUMBER
Valor_Calculado	Valor obtenido mediante un calculo de una rutina de control avanzado haciendo referencia a una propiedad de un tanque de producto.	NUMBER
Valor_Inferido	Valor obtenido mediante una inferencia a una propiedad de un tanque de producto.	NUMBER
Valor_Laboratorio	Valor obtenido por el laboratorio haciendo referencia a una propiedad de un tanque de producto.	NUMBER
Time_Stamp_Valor_Analizador	Estampa de tiempo del valor obtenido por el analizador que referencia una propiedad de un	DATE

Nombre	Descripción	Tipo
	tanque de producto.	
Time_Stamp_Valor_Calcualdo	Estampa de tiempo en la cual se obtiene el calculo referenciando a la propiedad del tanque de producto.	DATE
Time_Stamp_Valor_Inferido	Estampa de tiempo en la que se infiere un valor para una propiedad de un tanque de producto.	DATE
Tieme_Stamp_Valor_Laboratorio	Estampa de tiempo del valor obtenido por el laboratorio haciendo referencia a una propiedad de un tanque de producto.	DATE

PRODUCTO

Descripción

Esta entidad almacenará cada uno de los productos que esta en capacidad de ofrecer la refinería de Cartagena.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de un producto.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de un producto.	LONG
Costo	Costo que tiene un producto al ser producido en la refinería de Cartagena.	NUMBER

PRODUCTO_PROPIEDAD

Descripción

Esta entidad almacenará las propiedades pertenecientes a cada producto.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de cada propiedad que pertenece a un producto.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de la relación existente entre un producto y una propiedad.	LONG

PRODUCTO_SM

Descripción

Esta entidad podrá almacenar los productos que puede obtener cada uno de los sistemas de mezcla existentes en la refinería de Cartagena.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que garantiza la unicidad de cada producto que se puede obtener en un sistema de mezcla.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada producto que se obtiene en un sistema de mezcla.	LONG

PROPIEDAD

Descripción

Esta entidad almacenará los datos de interés con respecto a las propiedades que se trabajaran en cualquier mezcla realizada en la refinería de Cartagena.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada propiedad.	CHAR(20)

Nombre	Descripción	Tipo
Descripción	Descripción general de la propiedad.	LONG
Costo	Costo de la propiedad en una unidad determinada.	NUMBER

SIISTEMA_MEZCLA

Descripción

Esta entidad guarda los datos de cada sistema de mezcla existente. Un sistema de mezcla es un conjunto de equipos e instrumentos, que se utilizan para llevar a cabo los procesos de mezclas. En la Refinería de Cartagena existen cuatro sistemas de mezcla, Gasolina, Diesel, Combustolio y Crudo.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación del sistema de mezcla: Cada sistema de mezcla tendrá un nombre único que lo diferencia de los demás. Esta información es vital para la Base de Datos.	LONG
Descripción	Descripción: Hace referencia a una	LONG

Nombre	Descripción	Tipo
	descripción general del sistema de mezcla. Esta información es vital para la Base de Datos.	

TK_COMPONENTE

Descripción

Esta entidad almacenará los datos de los diversos tanques de componentes que serán utilizados, en los procesos de mezclas.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación del tanque de componente.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general del tanque.	LONG

TK_PRODUCTO

Descripción

Esta entidad almacenará los datos de los diversos tanques de productos que serán utilizados, en los procesos de mezclas.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación del tanque de producto.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general del tanque.	LONG

UNIDAD

Descripción

Esta entidad almacenará las diferentes unidades en que se puede representar una medición de una propiedad.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Identificación de cada unidad de medida.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada unidad.	LONG

UNIDAD_PROPIEDAD

Descripción

Esta entidad almacenara las diferentes unidades en que se puede representar una propiedad.

Nombre	Descripción	Tipo
Identificación	Consecutivo que identifica cada combinación entre una propiedad y una unidad.	CHAR(20)
Descripción	Descripción general de cada combinación dada entre una propiedad y una unidad.	LONG

3. OPTIMIZADOR DE MEZCLAS

3.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE OPTIMIZACION DE MEZCLAS

El optimizador es un modelo matemático que calcula la receta óptima para máxima ganancia o mínimo regalo de calidad; se basa en un modelo no lineal que puede ser linealizado, también en los modelos de propiedades, costos base de componentes, precio de los productos, diferencial de costos de calidad y restricciones físicas del sistema de mezclado. El optimizador de mezcla es el cerebro del sistema de control avanzado.

Contiene el modelo de optimización con objetivo principal de mínima desviación de la receta programada y objetivo secundario de máxima ganancia o mínimo regalo de calidad; maneja las restricciones de la orden de mezcla consistentes en manejo de inventarios, restricciones de equipos y objetivos programados; maneja hilos de ejecución para múltiples corridas en paralelo.

El presente problema se plantea bajo el supuesto que la evaluación se realizará para un solo producto. En caso de que el Sistema de Mezclas

tenga dos productos, se requiere hacer dos corridas diferentes al mismo algoritmo.

3.1.1 Entradas

- Número de componentes: Es el número de componentes a utilizar en el Sistema de Mezclas.

$NCOM \rightarrow (Tipo\ Entero)$

- Número de propiedades: Es el número de propiedades que se utilizan en el Sistema de Mezclas.

$NPRO \rightarrow (Tipo\ Entero)$

- Calidades de los componentes: En esta matriz se almacena el valor actual de la propiedad j para el componente i .

$Cal_comp(i, j) [\forall(1 \leq i \leq NCOM) \wedge \forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Real)$

- Calidades del producto: En este arreglo se almacena el valor actual de la propiedad j para el producto i .

$Cal_prod(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO) \rightarrow (Tipo\ Real)]$

- Unidades de las propiedades: En este arreglo se almacena la unidad de medida de las propiedad j .

$Uni_prop(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO) \rightarrow (Tipo\ Texto)]$

- Especificación del producto: La especificación del producto requiere definir límites superiores y/o inferiores. Por lo tanto se definen varios arreglos. Cuando **Lim_prod_inf** es verdadero quiere decir que la especificación deseada debe ser mayor o igual a **Esp_prod_inf**. Cuando **Lim_prod_sup** es verdadero quiere decir que la especificación deseada debe ser menor o igual a **Esp_prod_sup**. Cuando **Reg_cal_inf** es verdadero quiere decir que el regalo de calidad se penaliza en que tanto excede la especificación **Esp_prod_inf**. Cuando **Reg_cal_inf** es falso quiere decir que el regalo de calidad se penaliza en que tanto falta para la especificación **Esp_prod_sup**.

$Lim_prod_inf(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Booleano)$

$Esp_prod_inf(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Real)$

$Lim_prod_sup(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Booleano)$

$Esp_prod_sup(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Real)$

$Reg_cal_inf(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO)] \rightarrow (Tipo\ Real)$

- Precios de los componentes: En este arreglo se almacena el precio por barril del componente *i*.

$Pre_comp(i) [\forall(1 \leq i \leq NCOM)] \rightarrow (Tipo\ Real)$

- Precio del producto: En este arreglo se almacena el precio por barril del producto.

$Pre_prod \rightarrow (Tipo\ Real)$

- Precio de regalo de calidad: En este arreglo se almacena el precio de regalo de calidad de la propiedad j por unidad de medida de la propiedad y unidad de volumen. Esto hace referencia al delta de calidad que excede o no alcanza la especificación.

$$Pre_rega_prop(j) [\forall(1 \leq j \leq NPRO) \rightarrow (Tipo Real)]$$

- Volumen inicial de componentes: Es el volumen en barriles inicial o actual de cada componente i .

$$V_Comp_Act(i) [\forall(1 \leq i \leq NCOM)] \rightarrow (Tipo Real)$$

- Volumen inicial de producto: Es el volumen en barriles inicial o actual del producto.

$$V_ACT \rightarrow (Tipo Real)$$

- Volumen del bache de producto: Es el volumen en barriles requerido del producto.

$$V_BAC \rightarrow (Tipo Real)$$

3.1.6 Salidas

- Porcentaje de componentes: Es el porcentaje de flujo o en volumen del componente i que se requiere para alcanzar la especificación óptima.

$$X_Porc_Comp(i) [\forall(1 \leq i \leq NCOM)] \rightarrow (Tipo Real)$$

3.1.7 Ecuaciones

- Calidad calculada de propiedades del producto: Inicialmente se plantea la ecuación asumiendo que el modelo es lineal.

$$Cal_calc_prop(j) = \left(\frac{\sum_{i \geq 1}^{i \leq NCOM} [Cal_comp(i, j) * X_Porc_comp(i)]}{100} \right)$$

$$\forall (1 \leq j \leq NPRO)$$

Como en realidad el sistema no es lineal, para cada propiedad se debe utilizar las ecuaciones químicas respectivas, con las cuales se hace el cálculo de propiedad.

- Regalo de calidad por propiedad: Se calcula el regalo de calidad de cada propiedad.

Si $Reg_cal_inf(j) = true$

$$\rightarrow Reg_cal_prop(j) = Cal_calc_prop(j) - Esp_prod_inf(j)$$

Sino

$$\rightarrow Reg_cal_prop(j) = Esp_prod_inf(j) - Cal_calc_prop(j)$$

Finsi

$$\forall (1 \leq j \leq NPRO)$$

- Costo de regalo de calidad.

$Costo_reg_cal =$

$$\sum_{j \geq 1}^{j \leq NPRO} [Pre_rega_pro(j) * Reg_cal_prop(j)] * V_Bac$$

- Costo de componentes.

$$Costo_comp = \sum_{i \geq 1}^{i \leq NCOM} [Pre_comp(i) * X_Porc_comp(i) * V_Bac]$$

- Costo de producto.

$$Costo_prod = Pre_prod * V_Bac$$

3.1.4. Restricciones

- Sumatoria de Porcentaje de componentes.

$$\sum_{i \geq 1}^{i \leq NCOM} [X_Porc_comp(i)] = 100$$

- Cantidad suficiente de componentes.

$$[X_Porc_comp(i)] * [V_Bac] \leq [V_comp_act(i)]$$

$$\forall (1 \leq i \leq NCOM)$$

- Producto en rango de especificación.

$$Si \ Lim_prod_sup(j) = true \rightarrow Cal_calc_prop(j) \leq Esp_prod_sup(j)$$

$$\forall (1 \leq j \leq NPRO)$$

Si $Lim_prod_inf(j)=true \rightarrow Cal_calc_prop(j) \geq Esp_prod_inf(j)$
 $\forall(1 \leq j \leq NPRQ)$

3.1.5. Función Objetivo

- Minimizar los gastos:

$$Gastos = Costo_comp + Costo_reg_cal$$

- Maximizar las ganancias:

$$Ganancias = Costo_prod - Costo_comp - Costo_reg_cal$$

3.2 . MODELAMIENTO RELACIONAL

Una vez definidas las entradas, salidas, ecuaciones, restricciones y función objetivo del Sistema, se hace necesario estructurar en el módulo de órdenes de mezcla la información relacional acorde a lo definido en el capítulo 2.

En este modelamiento se deben cumplir las siguientes funciones:

- Almacenar los diferentes alineamientos que se pueden presentar en cada sistema de mezclado.
- Almacenar las ocurrencias que se presenten en la mezcla con respecto a cada componente obtenido de esta forma un historial de casos de cada componente que participe en una mezcla.
- Almacenar historia de las ocurrencias que pueda tener cada propiedad de

un determinado componente en una mezcla.

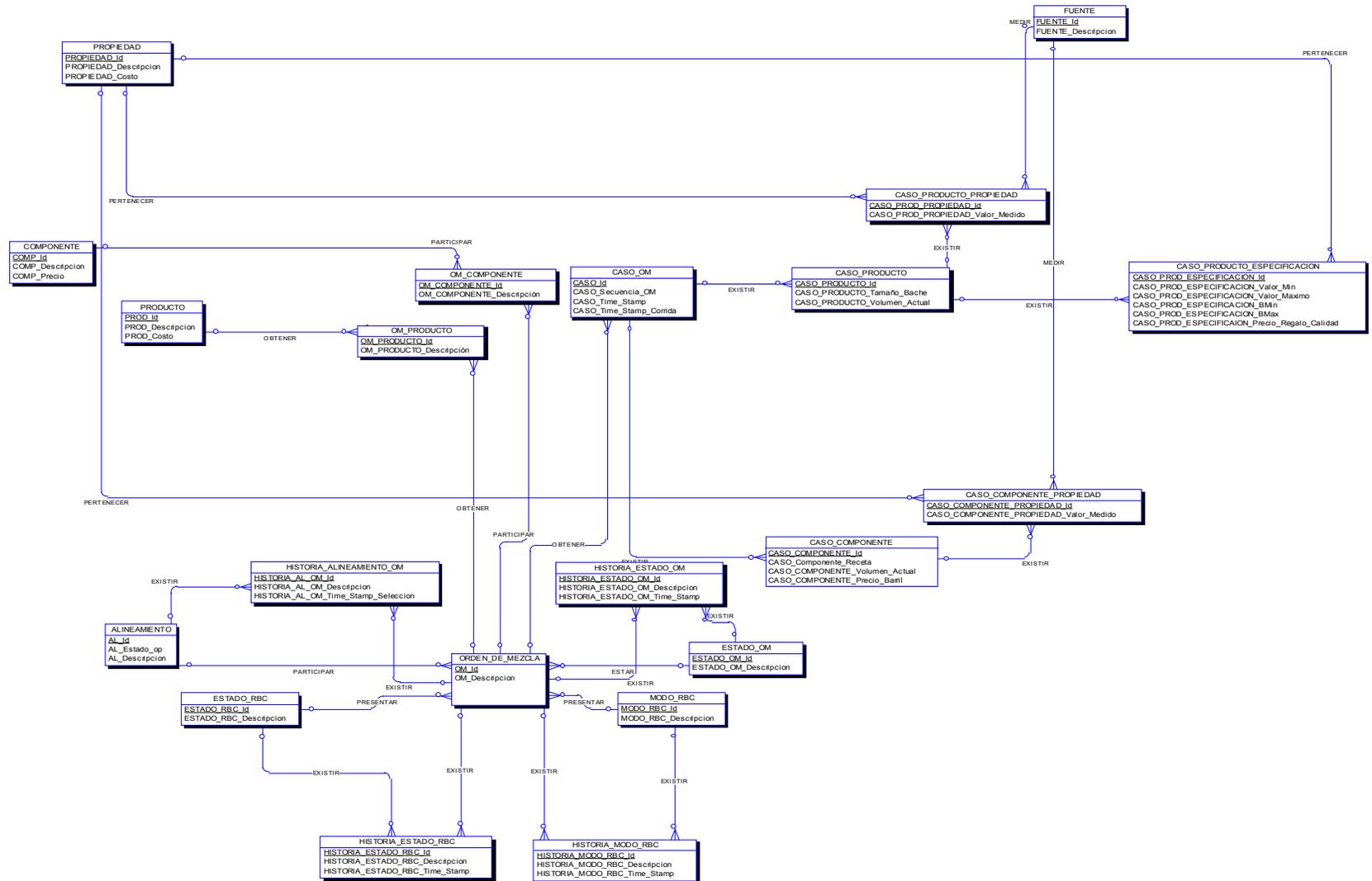
- Almacenar cada conjunto de casos de componente, o producto que se presente durante el cumplimiento de una orden de mezcla.
- Almacenar las ocurrencias que se presenten en la mezcla con respecto a cada producto que se quiera obtener en una orden de mezcla, registrando así un historial de casos para cada producto.
- Almacenar cada una de las ocurrencias dadas durante el cumplimiento de una orden de mezcla referente a la especificación de un determinado producto.
- Proporcionar un histórico de cada una de las propiedades de un producto haciendo referencia a los cambios que puedan tener estas en el cumplimiento de una orden de mezcla.
- Almacenar cada componente que se pueda utilizar en cualquier mezcla no implica conocimiento de inventario, pues la existencia que se tenga de cada componente se referenciara en los tanques.
- Almacenar cada uno de los diferentes estados que puede tomar una orden de mezcla. Estos estados no son operativos, por el contrario hace referencia a etapas que puede cumplir una orden de mezcla dentro de su formato.
- Almacenar cada uno de los estados que pueda tomar el sistema de control regulatorio de mezclas durante el cumplimiento de una mezcla.
- Almacenar cada una de las posibles fuentes de las cuales se pueda obtener una medición de una propiedad.

- Registrar cada cambio de alineamiento que se realice en cualquier etapa diferente a la etapa o estado de orden de mezcla en planeacion con la finalidad de generar unos históricos para cada orden de mezcla.
- Registrar cada cambio de estado de orden de mezcla con la finalidad de generar un histórico para cada orden de mezcla.
- Registrar cada cambio estado de sistema de control regulatorio de mezclas con la finalidad de generar un histórico para cada orden de mezcla.
- Registrar cada cambio de modo del sistema de control regulatorio de mezclas con la finalidad de generar un histórico para cada orden de mezcla.
- Almacenar cada uno de los diferentes modos que puede tomar el RBC para operar una mezcla.
- Almacenar cada uno de los diferentes componentes que fueron designados a participar en una orden de mezcla.
- Almacenar cada uno de los diferentes productos que se quieren obtener en una orden de mezcla.
- Almacenar cada orden de mezcla.
- Almacenar los datos de interés con respecto a las propiedades que se trabajaran en cualquier mezcla realizada en la refinería de Cartagena.

De acuerdo a estos requerimientos se diseñó el siguiente modelo relacional:

MODELO DE DATOS RELACIONAL DEL OPTIMIZADOR.

Figura 3, modelo de datos relacional del optimizador



3.3 . SOLUCIONES PLANTEADAS AL PROBLEMA DE OPTIMIZACION

A continuación se plantean alternativas que se podrían explorar, las cuales no son alcance de este trabajo, pero se dejan planteadas para futuras investigaciones.

3.3.5 Solución lineal del problema

Una manera no efectiva de solucionar este problema, es asumir que el comportamiento de todas las propiedades es lineal y utilizando la siguiente ecuación:

$$Cal_calc_prop(j) = \left(\frac{\sum_{i=1}^{i \leq NCOM} [Cal_comp(i, j) * X_Porc_comp(i)]}{100} \right)$$

$\forall (1 \leq j \leq NPRO)$

De esta manera el problema pudiera solucionarse a través de cualquier método o herramienta de programación lineal.

Aunque existen muchos métodos tales como:

- Método Gráfico.
- Conjuntos Convexos.
- Convexos en Programación Lineal.

- Teoremas de Representación y de Óptimalidad.
- El Método Simplex..
- Tablas del Método Simplex.
- Método de las dos Fases.
- Casos Especiales del Método Simplex.
- Método de Penalización.
- El Método Simplex Revisado.
- Método de las dos Fases en Método Simplex Revisado.
- Dualidad.
- Método Simplex Dual.

3.3.6 Solución con técnicas basadas en redes neuronales

En los casos que no se tiene linealidad es en el cálculo de calidad de propiedades del producto. Para cada propiedad, podría establecerse un modelo basado en redes neuronales, el cual debería tener un ciclo de aprendizaje retroalimentándose con los valores finales obtenidos de mezclas en unas etapas de pre-test y test antes de poner en servicio el sistema. En la industria del petróleo existen muchos sistemas de predicción de propiedades útiles los cuales están basados en redes neuronales, tales como:

- Asociadores de patrones o memorias heteroasociativas.
- Redes competitivas o mapas de autoorganización.

3.3.7 Solución con algoritmos genéticos

Al tenerse planteado un caso de optimización no lineal se plantea como alternativa una solución mediante algoritmos genéticos. Esta solución implica implementar las ecuaciones no lineales y algoritmos para el cálculo de cada propiedad. De igual manera se utilizarían todas las ecuaciones planteadas, restricciones y función objetivo.

En la actualidad existe un gran número de ambientes de programación disponibles para experimentar con los algoritmos, de estos pueden distinguirse 3 clases de ambientes de programación:

1) Sistemas Orientados a las aplicaciones: Son esencialmente "cajas negras" para el usuario, pues ocultan todos los detalles de implementación. Sus usuarios normalmente neófitos en el área los utilizan para un cierto rango de aplicaciones diversas, pero no se interesan en conocer la forma en qué éstos operan. Ejemplos de este tipo de sistemas son: Evolver (Axcelis, Inc.) y XpertRule GenAsys (Attar Software).

2) Sistemas Orientados a los algoritmos: Soportan algoritmos genéticos específicos, y suelen subdividirse en:

- Sistemas de uso específico: Contienen un solo algoritmo genético, y se dirigen a una aplicación en particular. Algunos ejemplos son: Escapade (Frank Hoffmeister), GAGA (Jon Crowcroft) y Genesis (John Grefenstette).
- Bibliotecas: Agrupan varios tipos de algoritmos genéticos, y diversos operadores (e.g. distintas formas de realizar la cruce y la selección). Evolution Machine (H. M. Voigt y J. Born) y OOGA (Lawrence Davis) constituyen 2 ejemplos representativos de este grupo.

En estos sistemas se proporciona el código fuente para que el usuario normalmente un programador- pueda incluir el algoritmo genético en sus propias aplicaciones.

3) Cajas de Herramientas: Proporcionan muchas herramientas de programación, algoritmos y operadores genéticos que pueden aplicarse en una enorme gama de problemas. Normalmente se subdividen en:

- Sistemas Educativos: Ayudan a los usuarios novatos a introducirse de forma amigable a los conceptos de los algoritmos genéticos. GA Workbench (Mark Hughes) es un buen ejemplo de este tipo de ambiente.
- Sistemas de Propósito General: Proporcionan un conjunto de herramientas para programar cualquier algoritmo genético y

desarrollar cualquier aplicación. Tal vez el sistema más conocido de este tipo es Splicer (NASA).

3.3.8 Solución con métodos de linealización

Otra solución sería investigar sobre linealización de propiedades y hallar las ecuaciones y factores de linealización de cada propiedad para implementarlos y tener así una solución más aproximada del Sistema.

En la actualidad se han realizado muchos modelos de optimización de gran tamaño tales como:

- Método simplex revisado. Especialización a restricciones de cotas. Dualidad en programación lineal. Método simplex dual revisado. Métodos de descomposición de Dantzig-Wolfe y de Benders. Aplicaciones: Cutting-Stock Problem, Constrained vehicle routing problem, Problemas robustos lineales con recurso simple, etc.
- Métodos de descenso para problemas no lineales sin restricciones (gradiente, gradiente conjugado, Newton y variantes). Técnica general de multiplicadores. Programación cuadrática. Métodos de activación de restricciones (gradiente proyectado, gradiente reducido, Newton reducido y variantes), Métodos de linealización y cuadráticos recursivos.
- Problemas de gran tamaño. Métodos Lagrangeanos para problemas convexos. Problemas separables. Métodos de Penalización y de

Penalización Lagrangeana para problemas no lineales generales.
Métodos de punto interior para problemas lineales y convexos.
Aplicaciones a modelos de naturaleza real. Nociones de programación entera. Algoritmo de Branch y Bound.

CONCLUSIONES.

Como resultado del desarrollo de este trabajo se tienen las siguientes conclusiones:

- Debido a la gran variedad de propiedades que poseen los componentes de un producto que debe cumplir con unas especificaciones y características deseadas se hace necesario la optimización del sistema de mezcla de gasolina, que consiste en la interacción entre un sistema de control regulatorio de mezclas y un sistema de control avanzado de mezclas y el optimizador.
- Uno de los grandes inconvenientes que encontramos en la optimización es buscar los volúmenes de cada uno de los componentes, que hacen que se logre las especificaciones en el producto final, los datos necesarios para lograr este objetivo son almacenados en la base de datos relacional.
- Para la obtención del modelo matemático del optimizador se hace indispensable conocer las siguientes variables: número de componentes, número de propiedades, calidad de los

componentes, calidad de los productos, unidad de los componentes, unidades de las propiedades, especificaciones del producto, precio de los componentes , precio del producto, precio del regalo de calidad, volumen inicial del componente, volumen inicial del producto; volumen de bache del producto, porcentaje de los componentes.

- Para llegar a implementar un optimizador se hace necesario determinar los datos que este requiere para realizar su labor, lo mas conveniente es diseñar una base de datos relacional antes, la cual maneje estos datos.
- También podemos concluir que aunque no esta dentro de los objetivos de nuestro trabajo hemos incluido una serie de métodos con la cual se podría dar solución a este problema de optimización.

BIBLIOGRAFIA.

- **ABB Industrial System. Diseño funcional de los sistemas de mezclado de la Refinería de Cartagena. 2000.**
- **ARCILA IRIARTE, Jaime y NARANJO SILVA, Modelo de automatización del sistema de mezclado de gasolina de la refinería de Cartagena aplicando las tecnologías gemma y grafcet y arbol de fallos. universidad politécnica de valencia universidad santo Tomas de Aquino Bucaramanga, Colombia, agosto de 2002.**
- **An Introduction to Optimization, by E.K.P. Chong and S.H. Zak .**
- **Estimating benefits from advanced control. p. I. latour, j. h. sharpe, m. c. delaney. isa transactions, vol. 25, no. 4, 1986.**
- **ARCILA IRIARTE, Jaime y NARANJO SILVA, alcance de la ingeniería detallada del prototipo del mezclador de gasolina. España universidad politécnica de valencia, 2002.**