



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO
INDUCTIVAMENTE, POR MEDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS
INSUMOS ARGÓN Y NITRÓGENO**

Oscar Oswaldo Ayapán Gaitán

Asesorado por el Msc. Ing. Luis Carlos Jerez López

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL
ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO
INDUCTIVAMENTE, POR MEDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS
INSUMOS ARGÓN Y NITRÓGENO**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR OSWALDO AYAPÁN GAITÁN
ASESORADO POR EL Msc. ING. LUIS CARLOS JEREZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

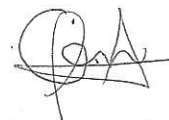
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADOR	Ing. César Alfonso García Guerra
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE, POR MEDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS INSUMOS ARGÓN Y NITRÓGENO

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 05 de febrero de 2013



Oscar Oswaldo Ayapán Gaitán

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0035-2013

Guatemala, 05 de febrero de 2013.

Director
Víctor Manuel Monzón
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Oscar Oswaldo Ayapán Gaitán** con carné número **2005-11692**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Msc. Ing. Luis Carlos Jerez López
Asesor (a)

“Id y enseñad a todos”

César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.044.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante **OSCAR OSWALDO AYAPÁN GAITÁN**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado **"DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE, POR MEDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS INSUMOS ARGÓN Y NITRÓGENO"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, febrero 2013

Cc: Archivo
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS DE ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE, POR MEDIO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS INSUMOS ARGÓN Y NITRÓGENO**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Oswaldo Ayapán Gaitán**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, febrero de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su bendición, protección y amor brindado a lo largo de mi vida, y porque ha estado conmigo en todo momento.
- Virgen María** Por ser mi buena madre, nunca abandonarme y manifestarse en tantas personas en mi vida.
- Mi madre** Por su amor, apoyo, esfuerzo, comprensión; por ser el motivo para sobresalir y enseñarme el camino de la vida.
- Mi padre** Por su amor, sacrificio y confianza y porque me guió a ser la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis hermanos

Por ser fuente de inspiración y ser una razón para alcanzar este logro.

Mi familia

Por su apoyo y cariño en los momentos necesarios.

Mis amigos

Por ser un importante apoyo en mi carrera y compartir conmigo su sabiduría y cariño.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. OBJETIVOS.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
7. HIPÓTESIS.....	19
8. TABLA DE CONTENIDO.....	21
9. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	23
10. CRONOGRAMA.....	25

11.	RECURSOS NECESARIOS.....	27
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	29
13.	APÉNDICES.....	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma.....	31
----	-----------------	----

TABLAS

I.	Presupuesto.....	33
----	------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
psi	Libras por pulgada cuadrada
L	Litro
pH	Potencial de Hidrógeno
Q	Quetzal

GLOSARIO

Analito	En química analítica, es el elemento, compuesto o ion, de interés analítico de una muestra.
Argón	Es un elemento químico perteneciente a los gases nobles, el cual es utilizado en el ámbito industrial debido a su baja reactividad.
Cuasi experimental	Experimento básico en que se varía un factor mientras los demás permanecen constantes.
Dewar	Recipiente que proporciona aislamiento térmico.
Espectrofotometría	Es el método de análisis óptico que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución.
Espectroscopia	Es el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia.
Nitrógeno	Es un elemento químico que en condiciones normales forma un gas diatómico que constituye el 78% del aire atmosférico.

Plasma

Un estado fluido similar al estado gaseoso pero en el que determinada proporción de sus partículas están cargadas eléctricamente

RESUMEN

El presente diseño de investigación plantea una propuesta para el aprovechamiento de los recursos empleados en el análisis químico de los equipos de espectrofotometría, en específico la técnica plasma acoplado inductivamente. Asimismo, se hace énfasis en la necesidad de gestionar y administrar de manera adecuada los inventarios de las materias primas para aumentar la productividad del proceso en general. Actualmente no se cuenta con procedimientos que controlen y administren los procesos que permitan tomar decisiones para optimizar los bienes.

La propuesta se basa en el uso de las técnicas de gestión de inventarios, análisis de demanda, proyecciones y la aplicación de métodos probabilísticos, para aplicar los mismos y poder pronosticar el comportamiento de los insumos durante el proceso. Para esto se recopilarán datos del consumo de los insumos y se realizarán los balances de masa y energía al equipo, para determinar la consistencia y fundamentar los datos obtenidos.

De dicha investigación se pretende optimizar el uso de los insumos en el proceso de análisis, por medio de la reducción de las pérdidas de materias primas y adecuar modelos probabilísticos que se ajusten a la práctica para tomar acciones que permitan administrar los inventarios.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación a realizar acerca de los equipos de espectrofotometría, se tiene como objetivo general aumentar la productividad del proceso por medio de la administración del inventario de los insumos argón y nitrógeno, necesidad fomentada debido a la falta del adecuado manejo de los insumos y registro del consumo de los mismos.

Se solucionará la problemática del aprovechamiento de los insumos y se promoverá la rentabilidad en la operación, por medio del establecimiento de adecuados controles que permitan monitorear y gestionar todas las operaciones del proceso productivo. Esta investigación se justifica debido a que es importante aumentar la productividad en los procesos de espectroscopia de plasma acoplado.

Cuando una organización carece de un sistema adecuado de gestión de los insumos, se producen gastos y operaciones inadecuadas, los cuales reducen la capacidad de las empresas a ser competitivas en el mercado, debido a que no poseen procedimientos de administración de los mismos, por lo que este trabajo tiene como hipótesis que: “La adecuada administración del inventario de los gases, argón y nitrógeno, aumentará la productividad en la operación del equipo de espectrofotometría”. Por lo cual se enumeran los siguientes capítulos, los cuales darán la noción de las actividades a realizar para mejorar el proceso:

Capítulo 1: se muestra el estado de la empresa para determinar cuáles son los mayores gastos que se poseen, para determinar en qué procesos se

puede aumentar la productividad. Para esto se analizarán los procedimientos y se establecerán acciones a tomar.

Capítulo 2: describe las características del equipo plasma acoplado inductivamente, el cual será objeto de estudio, cuáles son sus generalidades, sus insumos y el principio bajo el cual opera, con la finalidad de tener una noción general del proceso, para así analizarlo de la manera adecuada.

Capítulo 3: caracteriza y describe las partes que componen el equipo plasma acoplado inductivamente, para poder emplear balances de masa y energía que detallen su funcionamiento y así optimizar los insumos utilizados.

Capítulo 4: expone el uso de diferentes técnicas para la demanda y proyección de los materiales a utilizar en la operación, estableciendo procedimientos que permitan gestionar los inventarios y tomar decisiones adecuadas en cuanto a la eficiente adquisición de insumos.

Capítulo 5: estudia los diversos métodos probabilísticos y pronósticos para predecir la demanda de los gases, de manera que se adecue a la operación. Se elige la que posea menos error y genere datos más confiables, contando así con metodologías que fundamenten el control de los insumos.

Capítulo 6: basado en los capítulos anteriores, se determinará el punto de reorden de los insumos, teniendo en consideración lo referente al nivel de servicio, políticas, demanda, pronósticos y requerimientos para la operación del equipo.

Por último, el análisis de resultados se realizará de acuerdo con el desarrollo de una matriz, gráficos y sus correlaciones, para determinar el aumento de la productividad del proceso al administrar los inventarios adecuadamente.

2. ANTECEDENTES

Los autores Walton H. & Reyes, J (2005) abordan el tema de la espectroscopia de absorción atómica y señalan que es una técnica cuya introducción al análisis químico arranca desde 1955, con los trabajos del Australiano A. Walsh, quien menciona que la espectroscopia de absorción atómica es un método para la detección y la determinación de elementos químicos.

Los compuestos químicos para su análisis deben de separarse en los átomos que los constituyen, lo que se realiza por la pulverización en una llama a alta temperatura.

El equipo de espectrofotometría es importante para los distintos análisis de compuestos y la oportunidad de mejora de los procesos relacionados con la técnica es amplia, ya que su descubrimiento es reciente. Actualmente en Guatemala existen 7 equipos con estas características, permitiendo innovar en este campo y desarrollar nuevas metodologías para el manejo de dichos equipos.

En la literatura de Hill (2008) sobre el plasma acoplado inductivamente, enuncia que la mayoría de los equipos de espectrofotometría utilizan argón y nitrógeno para formar plasma, ambos elementos son de fácil adquisición, alta pureza y generan la suficiente ionización para asegurar que los analitos sean cuantificados de manera correcta.

Los insumos de mayor consumo y costo para la generación de plasma son los gases empleados en la operación, por lo que el control del consumo debe de realizarse a través de técnicas adecuadas, para posteriormente ser caracterizados y regularizados, logrando un proceso altamente productivo.

El trabajo de Arcos (2007) acerca del dinero ganado a partir del mejor uso tiempo, demostró que el costo de la operación del plasma acoplado inductivamente lo determina el consumo de argón y señala que se pueden obtener ahorros significativos al manipular las variables pertenecientes al equipo y controlando la operación de manera adecuada. El control de gases consumidos por el plasma acoplado es posible, realizando los cálculos necesarios de acuerdo con el balance de masa del equipo y observando la manera en la que se comportan las variables con base en las especificaciones técnicas y documentando cualquier suceso que ocurra con el equipo que esté relacionado con el consumo de gases.

La investigación de Philips (2004) acerca de las fuentes del plasma, señala que la cuantificación de gas argón utilizado en el plasma acoplado inducido es posible a partir de establecer relaciones entre las operaciones del equipo y los valores de las variables que determina el equipo. El consumo de gas oscila entre los 12 y 16 L/min. Al identificar y cuantificar cada variable relacionada con el consumo de gas y evaluar cada uno de los requerimientos del equipo, es posible modificar condiciones para promover el uso eficiente de los recursos, administrar de manera adecuada los inventarios de los gases y promover la rentabilidad de la operación, optimizando el uso de los gases y obteniendo ahorro en el capital de la empresa.

3. OBJETIVOS

General

Aumentar la productividad en el análisis de los equipos de espectrofotometría, plasma acoplado inductivamente, por medio de la administración del inventario de los insumos argón y nitrógeno.

Específicos

1. Establecer metodologías fundamentadas en la gestión de inventarios que permitan cuantificar y controlar el consumo e inventario de gases en el equipo de espectrofotometría.
2. Identificar y modificar los factores que afectan las variables del consumo de gases en el equipo de espectrofotometría, para optimizar la operación.
3. Determinar el punto de reorden para los insumos argón y nitrógeno, de acuerdo con los requerimientos del equipo para la operación.

4. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación es importante debido a que es fundamental aumentar la productividad en las operaciones relacionadas con equipos dedicados al análisis de elementos químicos en diversas muestras; esto se obtendrá a través de la promoción de procesos de gestión efectivos y eficientes en el control de los insumos, en específico de los gases nitrógeno y argón, logrando así aumentar la rentabilidad, administrar los inventarios, controlar el proceso productivo, obtener resultados a tiempo, aprovechar de mejor manera los recursos y operar continuamente.

El motivo de la investigación es promover el óptimo uso de los gases utilizados en el equipo de espectrofotometría plasma acoplado inductivamente, a través de la adecuada administración de los inventarios, que permita tomar acciones en función del aumento de la productividad.

La investigación es necesaria debido a que en la industria se requiere desarrollar nuevas metodologías, que sean innovadoras y que permitan gestionar adecuadamente los insumos de los equipos de espectrofotometría, plasma acoplado inductivamente, teniendo como base los adecuados fundamentos científicos que permitan elevar la productividad del proceso. El trabajo proveerá un alto valor tecnológico, estableciendo procedimientos para gestionar los inventarios de los gases y aumentar su rendimiento, al establecer una relación entre el consumo de gases y los factores que influyen; esto se obtendrá realizando cálculos fundamentados en balances de materia y energía, los cuales son necesarios para optimizar la operación del equipo.

Del resultado de la investigación se estarán beneficiando las empresas que posean el equipo de espectrofotometría plasma acoplado inductivamente, al tener a su disposición técnicas que permitan aumentar su productividad por medio del manejo de sus recursos, así como la Universidad de San Carlos, al contar con nuevos procedimientos y técnicas para la gestión de los insumos.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al poco aprovechamiento de los insumos en un laboratorio de la ciudad de Guatemala, se plantea la siguiente investigación en la cual se requiere aumentar la productividad del proceso para mejorar las ganancias y aprovechar los recursos disponibles.

Se tendrá como objeto de estudio el equipo de espectrofotometría, el cual para operar requiere de generar plasma, y para lo cual, los insumos que utiliza en mayor cantidad son los gases nitrógeno y argón.

Los equipos de espectrofotometría, plasma acoplado inductivamente, son fundamentales en el análisis del contenido de cualquier elemento químico en alguna muestra. En Guatemala se utiliza la técnica primordialmente, para el aseguramiento de calidad de múltiples productos de consumo general.

La inversión y el uso de los gases nitrógeno y argón son elevados en comparación con otros insumos utilizados para el equipo de espectrofotometría.

Debido a que los registros del consumo y los procedimientos de operación del equipo no son los adecuados para cuantificar o determinar el comportamiento de los gases respecto de las condiciones del equipo, se pretende establecer los controles adecuados para mejorar la productividad del proceso.

La caracterización del equipo es complicada debido a que los especialistas en el área son pocos y su literatura es limitada, por lo que cuantificar los insumos y conservar un inventario óptimo de los gases empleados presenta cierta dificultad; esto ocasiona que se realicen compras previas al agotamiento de los insumos o posteriormente no operando el equipo, y en ambos casos se desperdician recursos, los cuales hacen ineficiente la operación del equipo.

El aprovechamiento de los gases no es el adecuado, por lo cual la productividad del proceso se ve mermada al no poseer los datos y registros adecuados que permitan optimizar el uso de los insumos y mantener los niveles de inventario para la operación. Esto hace formular una pregunta central:

- ¿Cómo se puede mejorar la productividad de la operación del equipo de plasma acoplado inductivamente?

Dicho problema lleva a los siguientes cuestionamientos:

- ¿De qué manera se puede controlar y cuantificar el consumo de los gases al operar el equipo?
- ¿Qué acciones se deben aplicar en las variables que afectan el consumo de los gases para optimizar el proceso?
- ¿Cómo se puede garantizar el nivel adecuado de los inventarios de los insumos, para la operación del equipo de acuerdo con sus requerimientos?

Los alcances de esta investigación están enfocados a nivel internacional y para diferentes áreas en las cuales se requiere el análisis químico:

- Laboratorios médicos y de aseguramiento de calidad.
- Industria alimenticia.
- Trabajos de investigación a nivel de licenciatura y maestría de la Universidad de San Carlos.
- Ingenieros químicos e industriales en general.

Se limita a equipos de plasma acoplado inductivamente con características de similar operación y uso de los insumos argón y nitrógeno.

La investigación se realizará durante los años 2012 y 2013 en la ciudad de Guatemala, en un laboratorio de químico destinado al aseguramiento de calidad.

6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El capítulo 1 muestra el estado de la empresa y cuáles son los gastos de operación que representan mayores rubros, con la finalidad de determinar los procesos en los que es necesario aumentar la productividad. Por medio de este análisis se evaluará cuáles son los insumos de mayor consumo y así cuantificarlos, controlarlos y tomar acciones para aprovechar los mismos.

La productividad es la relación entre lo que produce una organización por medio de un proceso y los recursos que son requeridos para dicha producción (Belcher, 2005).

El capítulo 2 detalla las generalidades del equipo de espectrofotometría a estudiar, sus componentes, insumos y la descripción del principio bajo el cual opera. Analizando estos componentes, se determinará de qué manera se puede aumentar la productividad del proceso.

La operación del plasma acoplado inductivamente se basa en la vaporización, disociación, ionización y excitación de los diferentes elementos químicos de una muestra en el interior del plasma. El plasma recalentado es inducido en un campo magnético y se forma una antorcha plasmática (Hernández, 2002).

- Propiedades físico-químicas: se enumeran las propiedades físicas y químicas de los gases utilizados, argón y nitrógeno, y las características que permiten su uso en el proceso. Conocer las condiciones bajo las cuales operan y qué medidas se deben considerar para su manipulación.

- Principio de la espectroscopia: este señala cuáles son los fundamentos físicos y químicos que rigen la operación del equipo de espectroscopia, los requerimientos para el proceso y el adecuado análisis de las muestras.

El capítulo 3 caracteriza y describe las partes que componen el equipo plasma acoplado inductivamente y sus características, así como la manera en la que infieren para el consumo de los gases argón y nitrógeno, con la finalidad de poder realizar los adecuados balances de masa y energía que describan el comportamiento y consumo de los gases durante la operación del equipo.

Basados en la Ley de la Conservación de la Materia y la Energía, se realiza un adecuado balance de todos los elementos que afectan a un sistema, para determinar las causas de las pérdidas o mudas (McCabe, 2010).

El capítulo 4 detalla las generalidades de la administración de los inventarios, la cual utiliza políticas para la optimización de los mismos y la reducción de los costos asociados con esta actividad. Por medio del adecuado procedimiento metodológico para la gestión de los inventarios se mejora y complementa la toma de decisiones en la empresa (Chapman, 2006). Se expone cómo realizar el análisis de la demanda de los materiales que se requiere gestionar y la proyección de los mismos de acuerdo con los diferentes métodos existentes, para lo cual es importante el conocimiento del proceso que se lleva a cabo en la empresa.

- Análisis de la demanda: en esta sección se establece el nivel de dependencia de los materiales que se utilizarán en el proceso; se determinará el grado de conocimiento que se tenga de la demanda de los materiales y se estimará la demanda en caso de que sea aleatoria.

- Proyección de la demanda: se enumerarán los diversos métodos de pronósticos que permiten realizar una adecuada gestión, teniendo altos niveles de exactitud para la toma de decisiones en relación con inventarios y programación.

El capítulo 5 describe los métodos probabilísticos y el uso de pronósticos para predecir la demanda de los gases, realizar los análisis de regresión y mejorar la administración de los inventarios, para obtener una mayor utilidad, ser más eficientes y prestar un servicio óptimo.

Con base en la política de gestión se eligen los modelos que se usarán para predecir la demanda del proceso y elegir un método que posea el menor margen de error para los datos históricos y que se ajuste a las necesidades de la empresa (Render, 2004). Entre dichos modelos se analizarán los siguientes:

- Modelos deterministas
- Modelos con aleatoriedad
- Modelos de demanda conocida

El capítulo 6 muestra el punto de reorden de los insumos argón y nitrógeno, basado en las consideraciones de la demanda, tiempos de entrega, nivel de servicio y los modelos aplicados; este mostrará el punto de reabastecimiento de los gases, optimizando el inventario y teniendo en consideración los requerimientos del equipo.

Se señala por qué es necesario gestionar los inventarios dentro de cualquier operación, ya que esto permite minimizar costos y tener un proceso productivo y más rentable.

Es importante manejar los niveles adecuados de inventarios dentro de cualquier operación, ya que esto permite minimizar los costos y tener una productividad más rentable; ajustar las técnicas adecuadas a la operación con la finalidad de tener un mejor control, reducirá precios por manejo de inventario y permitirá tener un nivel de servicio adecuado para el cliente.

7. HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación (Hi)

La adecuada administración del inventario de los gases, argón y nitrógeno, aumentará la productividad en la operación del equipo de espectrofotometría.

Hipótesis nula (Ho)

La administración de los inventarios de los gases no promueve el aumento de la productividad en la operación del equipo de espectrofotometría.

Variables

- Independiente: consumo de los gases.
- Dependiente: aumento de la productividad.

8. TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS/HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. PRODUCTIVIDAD

1.1. Nociones de productividad

1.2. Índices para la medición la productividad

2. ESPECTROFOTOMETRÍA: PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE

2.1. Propiedades de los gases argón y nitrógeno utilizados

2.2. Principio de la espectroscopia

2.3. Plasma

3. CARACTERIZACIÓN DEL EQUIPO PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE

3.1. Partes del plasma acoplado inductivamente

3.2. Balance de masa y energía

3.3. Flujo de los gases dentro del equipo

4. ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

4.1. Administración de inventarios

4.2. Análisis de demanda

4.3. Proyección de la demanda

5. MÉTODOS PROBABILÍSTICOS

5.1. Pronósticos de demanda

5.2. Modelos de demanda

5.3. Ajuste de modelo

6. PUNTO DE REORDEN

6.1. Determinación del punto de reorden

6.2. Importancia de los inventarios

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ANEXOS

9. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Esta investigación posee un enfoque cuantitativo, ya que se requerirá medir el comportamiento de ciertas variables del proceso como condiciones, tiempos y consumos de gases.

El estudio se realizará sobre el equipo de espectrofotometría de plasma acoplado inductivamente; el alcance de la misma será a los equipos de las mismas características y acondicionamiento técnico, ya que el estudio se refiere a un equipo estandarizado por parte de los fabricantes.

El diseño de la investigación será cuasi experimental ya que se pretende comparar los resultados obtenidos luego de la implementación del control y manejo de los gases con los que se obtenían sin ningún control establecido; esto con la finalidad de comprobar la hipótesis, la cual enuncia que el control del consumo de los gases promueve la productividad del proceso.

A partir del estudio del equipo como muestra representativa de todos los equipos de espectrofotometría de plasma acoplado inductivamente, se podrán obtener datos representativos para dichos equipos.

El estudio se llevará a cabo a través de las siguientes fases:

- Fase 1: se realizarán las siguientes actividades para alcanzar el primer objetivo específico. Se elaborarán matrices y procedimientos de medición, empleando como base la gestión de inventarios, en las cuales se registrarán todas las variables cuantificables que afecten directa o

indirectamente el consumo de los gases dentro del equipo de espectrofotometría para controlar el proceso.

- Fase 2: se realizarán las siguientes actividades para alcanzar el segundo objetivo específico. Se recolectarán los datos, se realizarán análisis estadísticos y correlaciones de los mismos con el consumo y variables de los gases, para determinar los efectos al modificar dichas variables y así realizar gráficas que muestren la dependencia de las mismas. Por medio de los gráficos y las correlaciones establecidas se determinarán las acciones que se deben de tomar de acuerdo con las variables que afecten al consumo de los gases, para así promover la productividad y establecer metodologías que permitan administrar los inventarios adecuadamente.
- Fase 3: por medio de los métodos probabilísticos de la administración de inventario, se analizará la demanda y la proyección del proceso del equipo de espectrofotometría, para poder estudiar el caso a partir de un modelo que tenga una confiabilidad alta, en cuanto a la representación de datos, y que cumpla con la política establecida por la empresa. Con el anterior análisis se podrá determinar el punto de reorden de los gases argón y nitrógeno, de acuerdo con las consideraciones del proceso y el equipo empleado.

Se analizarán los resultados obtenidos y los datos necesarios para determinar si la productividad del proceso aumenta empleando la administración de los inventarios. Se realizará una comparación en cuanto al rendimiento de los gases argón y nitrógeno, para comparar los datos y determinar si después de aplicar la administración de los inventarios para el proceso, aumenta la productividad del equipo de espectrofotometría.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 1. Cronograma de actividades

Nombre de la tarea	Fecha de ini	Fecha de fin:	P3			P4			P1		
			Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
PROCOLO	02/08/12	06/10/12									
Elaboración del protocolo	02/08/12	15/09/12									
Entrega y aprobación del protocolo	16/09/12	01/10/12									
Revisión de la literatura	02/10/12	06/10/12									
TRABAJO DE CAMPO: METODOLOGIA	07/10/12	17/12/12									
a. Medición de consumo de gas	07/10/12	31/10/12									
b. Analizar requerimientos de operación	01/11/12	15/11/12									
c. Determinación de correlaciones	16/11/12	25/11/12									
d. Establecer métodos de cálculo	26/11/12	02/12/12									
e. Crear procedimientos de operación	03/12/12	17/12/12									
ANÁLISIS DE RESULTADOS	17/12/12	17/01/13									
Análisis	17/12/12	05/01/13									
INFORME FINAL	08/01/13	17/01/13									
Entrega de informe final	08/01/13	17/01/13									

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Project.

11. RECURSOS NECESARIOS

- Recursos humanos: el recurso humano a utilizar es el siguiente:
 - Jefe del Departamento Área Analítica
 - Técnico químico proveedor de gases argón y nitrógeno
 - Asesor de tesis especializado en el área de producción y calidad
 - Ingeniero encargado del trabajo de investigación

- Recursos materiales: entre los instrumentos a utilizar durante la experimentación están los siguientes:
 - Espectrofotómetro Plasma Acoplado Inductivamente Perkin Elmer ® / Optical emission spectrometer Optima 7,000 DV
 - Manómetro Weksler ® / 160 psi
 - Manómetro Noshok ® / 200 psi
 - Medidor de Nivel Chart ® / Cyl-Tel Universal

- Recursos financieros: los recursos financieros a utilizar se detallan en la siguiente tabla, que muestra un presupuesto de gasto para la fase experimental.

Tabla I. **Cálculo de recursos financieros**

ESPECIFICACIÓN	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
Gastos de Investigación: equipo y materiales para obtención de datos.			
• Ácido nítrico	Q. 500.00 / L	1 L	Q. 500,00
• Ácido clorhídrico	Q. 709.00 / L	1 L	Q. 709,00
• Agua desmineralizada	Q. 20.00 / garrafón	1 garrafón	Q. 20,00
• Argón	Q. 1,200.00 / dewar	1 dewar	Q.1 200,00
• Nitrógeno	Q. 800.00 /dewar	1 dewar	Q. 800,00
• Ensayos:			
○ Análisis espectrofotométricos	Q. 0.00/ muestra		
○ Filtración	Q. 0.00/ muestra	200 Muestras	Q. 0,00
○ pH	Q. 0.00/ muestra	200 Muestras	Q. 0,00
		108 Muestras	Q. 0,00
Equipo de seguridad personal			
• Bata	Q. 125.00/ unidad		
• Lentes protectores	Q. 30.00/ unidad	1 unidad	Q. 125,00
• Mascarilla	Q. 5.00/ unidad	1 unidad	Q. 20,00
• Guantes	Q. 95/ caja	5 unidades	Q. 25,00
		1 caja	Q. 95,00
Equipo de oficina y electrónico para la realización del trabajo de graduación			
• Hojas tamaño carta de papel bond	Q. 90.00/ paquete		
• Folders	Q. 1/ unidades	1 paquete	Q. 90,00
• Tinta para impresora	Q.250.00/ cartucho	15 unidades	Q. 15,00
• Asesor	Q. 2,500 / asesoría	2 cartuchos	Q. 500,00
		1 asesoría	Q.2 500,00
Total	-----	-----	Q. 6 599,00

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Acedo, Sánchez (2003). *Control avanzado de procesos*. España: Reverté.
2. Amadeo, Edward (1997). *Costos laborales y competitividad industrial*. Perú.
3. Chapman, Stephen (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Prentice Hall.
4. Decenzo, David & Stephen, Robbins (2002). *Fundamentos de administración*. (3a. ed) México: Prentice Hall.
5. Douglas, T. (2010). *An Introduction to Archaeological Chemistry*. Estados Unidos: Springer.
6. ICO Cost Calculator. (2012). *Espectro*. [En línea]. [Consulta: 25 de julio]. Recuperado de <http://www.phys.tue.nl/EPG/epghome/polylab/sources.htm>
7. Gutiérrez, Joel. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.
8. Harris, Daniel (2003). *Análisis químico cuantitativo*. (3a ed.) España: Reverté.

9. Hernández, L. & González, C. (2002). *Introducción al Análisis Instrumental*. (8a. ed.) Estados Unidos: John Wiley and Sons.
10. Hill, S. (2008). *Inductively Coupled Plasma Spectrometry and Its Applications*.
11. Himmelblau, David (2002). *Principios básicos y cálculos en ingeniería química*. (6a. ed.) México: Pearson Education.
12. Horngren, Charles & Datar, Srikant (2006). *Contabilidad de costos: un enfoque gerencial*. (12a. ed.) Estados Unidos: Prentice Hall.
13. McCabe, Warren & Smith, Julian (2010). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. (6a. ed.) México: McGraw Hill.
14. Muller, Max (2004) *Fundamentos de administración de inventarios*. Colombia: Grupo Norma.
15. Olsen, Eugene (1990). *Métodos ópticos de análisis*. España: Reverté.
16. Philips. (2012). *Plasma Sources*. [En línea]. [Consulta: 29 de mayo]. Recuperado de <http://www.phys.tue.nl/EPG/epghome/polylab/sources.htm>
17. Render, Barry (2004). *Principios de administración de operaciones*. (5a. ed.) México: Prentice Hall.
18. Robins, Stephen & Coulter, Mary (2005). *Administración*. (8a. ed.) México: Pearson education.

19. Skoog, D. A. (2008). *Principios de análisis instrumental*. (6a. ed.) México: Cengaging learning Editores.
20. Walton H. & Reyes, J. (2005). *Análisis químico e instrumental moderno*. España: Editorial Reverté.

13. APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

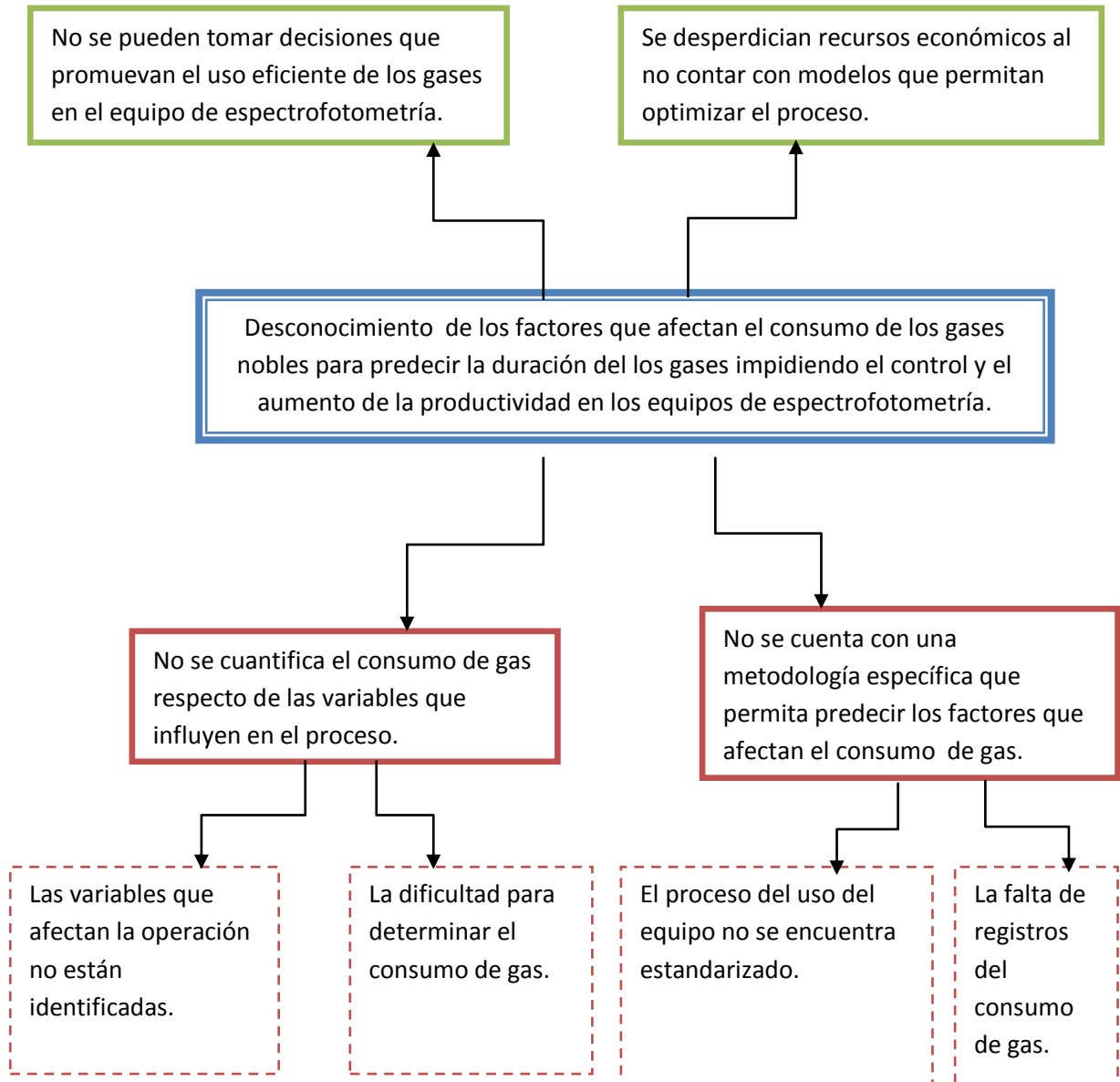
JUSTIFICACIÓN	OBJETIVO GENERAL	ANTECEDENTES	HIPÓTESIS
<p>La investigación es necesaria debido a que en la industria se requiere desarrollar adecuadas metodologías (las cuales no existen) que permitan gestionar adecuadamente los insumos de los equipos de espectrofotometría: plasma acoplado inductivamente, apoyándose en los adecuados fundamentos científicos que permitan hacer más productivo un proceso.</p>	<p>Determinar procesos que aumenten la productividad de la operación de equipos de espectrofotometría plasma acoplado inductivamente, promoviendo el control y consumo de gases nobles de una manera eficiente</p>	<p>La investigación de Philips (2004) acerca de las fuentes del plasma señala que la cuantificación de gas argón utilizado en el plasma acoplado inducido es posible a partir de establecer relaciones entre cada operación del equipo; por lo cual es posible modificar condiciones para promover el uso eficiente de los recursos, administrar de manera adecuada los inventarios de los gases y promover la rentabilidad de la operación.</p>	<p>El adecuado control del consumo de los gases aumentará productividad en la operación de equipo de espectrofotometría.</p>

Continuación de apéndice 1.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	RESULTADOS ESPERADOS
¿Qué acciones se deben aplicar en los factores que afectan el consumo de los gases nobles para predecir la duración del los gases y así tener un mejor control?	Analizar las variables que influyen en el consumo de gases nobles en el equipo de espectrofotometría.	Procedimientos de consumo de gas Cantidad y tiempo de consumo de los gases Proporción de cada gas utilizada	Listar los posibles factores que afecten el consumo de los gases. Medir la cantidad de litros de gas empleados cada día por medio de los medidores. Medir utilizando el equipo la relación entre los gases.	Conocer cuál es consumo real de cada gas y predecir su agotamiento, basados en fundamentos científicos.
¿Qué factores son de importancia en el consumo de los gases nobles y se relacionan directamente con el uso de los gases nobles?	Identificar los factores de mayor valor en el consumo de los gases y su relación con el equipo de espectrofotometría.	Requerimientos operacionales del equipo Balances de materia y energía del equipo	Cuantificar el consumo de gases variando cada factor cumpliendo con los requisitos de operación, para identificar los determinantes.	Identificar los factores de mayor ponderación en el consumo de los gases de acuerdo con el análisis del sistema.
¿De qué manera se puede calcular el consumo de los gases nobles y qué procedimientos se deben realizar para hacerlos más eficientes?	Establecer metodologías fundamentadas para calcular de manera adecuada el consumo de gases nobles en el equipo de espectrofotometría.	Número de muestras analizadas Reducción de tiempos muertos	Escribir un manual enfocado a la minimización del consumo de gases en el proceso. Realizar plantillas de cálculo que permitan realizar y predecir el consumo de gases.	Predecir el consumo de gases de acuerdo con las variables establecidas.

Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Excel.

Apéndice 2. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Recolección de datos

Las tablas que se utilizarán para la recolección y ordenamiento de datos, del consumo de gases para determinar las variables que son las siguientes:

Consumo de gases (argón y nitrógeno) a diferentes combinaciones de flujos de entrada de gases

Combinaciones	Flujo de Argón (L/min)	Flujo de nitrógeno (L/min)	Tiempo de análisis (min)	Consumo de gases (L)
1	Flujo a ₁	Flujo b ₁		
	Flujo a ₂	Flujo b ₁		
	Flujo a ₃	Flujo b ₁		
	Flujo a ₄	Flujo b ₁		
	Flujo a ₅	Flujo b ₁		
	Flujo a ₆	Flujo b ₁		
2	Flujo a ₁	Flujo b ₂		
	Flujo a ₂	Flujo b ₂		
	Flujo a ₃	Flujo b ₂		
	Flujo a ₄	Flujo b ₂		
	Flujo a ₅	Flujo b ₂		
	Flujo a ₆	Flujo b ₂		
3	Flujo a ₁	Flujo b ₃		
	Flujo a ₂	Flujo b ₃		
	Flujo a ₃	Flujo b ₃		
	Flujo a ₄	Flujo b ₃		

	Flujo a ₅	Flujo b ₃		
	Flujo a ₆	Flujo b ₃		
⋮	:	:	:	:
	:	:	:	:
6	Flujo a ₁	Flujo b ₆		
	Flujo a ₂	Flujo b ₆		
	Flujo a ₃	Flujo b ₆		
	Flujo a ₄	Flujo b ₆		
	Flujo a ₅	Flujo b ₆		
	Flujo a ₆	Flujo b ₆		

Los flujos de gases que se medirán serán en L/min a tiempos que se procuraran ser constantes para determinar el consumo total de los gases, asimismo se realizarán dos repeticiones mas para poder determinar la variación del proceso y medir la confiabilidad de las mediciones.

Se realizan tres repeticiones ya que debido a que es un equipo el cual se calibrará previamente al uso para realizar la experiencia los datos que genera son certeros y confiables. Para garantizar esto se realizan chequeos con elementos estándar y se realizan pruebas de variación de medición de los datos con elementos adecuados para medir la sensibilidad.

Apéndice 4. **Análisis estadístico**

Se utilizará un diseño en bloques al azar en el cual se aplicará un experimento factorial, para la experiencia se evaluarán 36 combinaciones de entrada y 3 repeticiones cada uno. A continuación muestra los datos que son requeridos para el análisis

Datos utilizados para realizar el análisis estadístico del consumo de gases

Bloque	Combinaciones de flujo de gas	Variable dependiente
N	a_1b_1	Y_{ij}
	a_2b_2	Y_{ij}
	a_3b_j	Y_{ij}
	a_4b_j	Y_{ij}
	a_5b_j	Y_{ij}
	a_ib_j	Y_{ij}

Donde:

N: Numero de repeticiones

a_i, b_j : Flujos de gases de argón y nitrógeno respectivamente

Y_{ij} : Concentración de plomo (ppm)

El análisis estadístico para esta etapa se basa en el análisis de varianza de dos vías complementándose con el análisis de polinomios ortogonales. De acuerdo a los resultados de este análisis es posible que se requiera realizar un ajuste a una ecuación polinómica mediante el análisis de regresión lineal.

Análisis de varianza (ANOVA)

En estadística, el análisis de varianza (ANOVA) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en la cual se comparan dos o más medias. El análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos.

El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones. Es habitual resumir los cálculos del análisis de varianza en una tabla.

Para analizar los datos obtenidos durante la experiencia de evaluación del trabajo, se utilizara el método de análisis de ANOVA de dos vías:

$$\gamma_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_j$$

Donde:

γ : Variable Dependiente

μ : Media General (constante)

α : Bloque

β : Tratamiento (Muestra)

ε : Error Experimental

i : Repeticiones

j : Tratamientos

La tabla para realizar este análisis se puede observar a continuación:

ANOVA de dos vías

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Valor F</i>
Bloques	SC _b	r - 1		F
Tratamientos	SC _t	t - 1	CM _t	
Error	SC _e	(r-1)(t-1)	CMe	
Total	SC _T	r t - 1		

Donde:

r: Número de repeticiones

t: Número de tratamientos

Para un análisis de varianza típico se utiliza la ecuación:

$$\begin{array}{ccc}
 & & \text{Suma de Cuadrados} \\
 & & \swarrow \\
 \text{Cuadrado medio} \rightarrow & S^2 = \frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1} & \nwarrow \\
 & & \text{Grados de libertad} \\
 & & \longleftarrow
 \end{array}$$

En base a los valores obtenidos de F, se establecerá si se acepta o rechaza la hipótesis.

Método de polinomios ortogonales:

El método de los Polinomios Ortogonales es una técnica dentro del análisis de varianza que permite determinar si existen efectos polinomiales de la respuesta en función de la variable independiente que se estudia.

Posterior a este análisis se determinará si es posible aplicar una regresión lineal para encontrar la ecuación de correlación del fenómeno analizado en la investigación.

Método de comparación de Medias o Método de Tukey

Desarrollado en 1953 por J.W. Tukey, requiere el cálculo del criterio de Tukey, T , como aparece en la fórmula. El método declara que dos medias son significativamente diferentes si el valor absoluto de sus diferencias muestrales excede:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(a, f) \sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

Donde $q = \frac{\bar{y}_{max} - \bar{y}_{min}}{\sqrt{CM_E/n}}$, que es lo que se conoce como estadístico del rango studentizado para mas detalles en los valores de q se deben de consultar las tablas en algún libro de estadística aplicada.

Programas a utilizar para análisis de datos

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado. Como programa estadístico es muy popular su uso debido a la capacidad de trabajar con bases de datos de gran tamaño. El programa consiste en un módulo base y módulos anexos que se han ido actualizando constantemente con nuevos procedimientos estadísticos.

Este programa se utilizará para realizar el análisis de varianza (ANOVA), polinomios ortogonales y Método de Tukey.