



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
(INGENIERÍA DE SISTEMAS) – (INGENIERÍA INDUSTRIAL)

DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO DE MEJORA DE CONTROL DE INVENTARIOS  
PARA UN LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
MARÍA DEL CARMEN HERNÁNDEZ NAVA

TUTOR PRINCIPAL:  
DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. DICIEMBRE 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** M.I. ARTURO FUENTES ZENEN  
**Secretario:** M.I. FRANCISCA IRENE SOLER ANGUIANO  
**Vocal:** DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ  
**1er. Suplente:** DR. MANUEL DEL MORÁN DÁVILA  
**2do. Suplente:** DRA. ESTHER SEGURA PÉREZ

**Lugar o lugares donde se realizó la tesis:** Ciudad Universitaria, Posgrado Facultad de Ingeniería, UNAM, México CDMX.

TUTOR DE TESIS:

**DRA. ISABEL PATRICIA AGUILAR JUÁREZ**

-----  
FIRMA

“En la mente del principiante hay muchas posibilidades, pero en las del experto hay pocas”.

Shunryu Suzuki

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios que me permitió continuar mis estudios y siempre está presente conmigo dándome fuerzas en todos los momentos de mi vida.

A Mis padres, a quienes les debo todo lo que soy y con su apoyo incondicional es que puedo terminar orgullosa otro ciclo más de mis estudios. También a quién siempre ha sido mi héroe, maestro y ejemplo a seguir: mi amado hermano.

A mi tutora que con mucha paciencia me dirigió para poder concluir este trabajo y a mis sinodales que me prestaron su tiempo y experiencia para pulirlo; sin olvidar a mis maestros, cuyas enseñanzas fueron piedra fundamental.

A todos mis amigos (los viejos y los nuevos), que siempre me daban ánimos y sabios consejos para continuar con mis estudios.

Quiero dar un reconocimiento especial a una persona que me enseñó todo lo necesario para poder desempeñarme como una profesionalista, ella me inculcó el valor de superarme y siempre seguir estudiando, no hay palabra escrita que describa cuanto agradecimiento le tengo a mi querida Doctora Olga.

## CONTENIDO.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO.....</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>CONTROL INTERNO.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS.....</b>                            | <b>9</b>  |
| <b>MEDICAMENTOS E INSUMOS.....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>OBJETIVO.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>JUSTIFICACIÓN.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                                       | <b>12</b> |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y MÉTODOS DE PRONÓSTICO.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>1.1 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA.....</b>                                 | <b>15</b> |
| <b>1.2 LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.....</b>                | <b>15</b> |
| <b>1.3 ENFOQUES DE PRONÓSTICOS.....</b>                                  | <b>16</b> |
| <b>1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA EN EL TIEMPO.....</b>               | <b>16</b> |
| <b>1.4.1 DEMANDA DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE.....</b>                    | <b>18</b> |
| <b>1.5 ERROR EN EL PRONÓSTICO.....</b>                                   | <b>18</b> |
| <b>1.6 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LOS PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA.....</b> | <b>19</b> |
| <b>1.6.1 MODELOS BÁSICOS.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>1.6.2 SUAVIZADO EXPONENCIAL.....</b>                                  | <b>20</b> |
| <b>1.6.3 REGRESIÓN LINEAL.....</b>                                       | <b>22</b> |
| <b>1.6.3.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN LINEAL.....</b>                       | <b>23</b> |
| <b>1.6.4 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA.....</b>                          | <b>23</b> |
| <b>1.7 SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICOS.....</b>                      | <b>24</b> |
| <b>CAPÍTULO 2. MODELOS DE CONTROL DE INVENTARIOS.....</b>                | <b>25</b> |
| <b>2.1 INVENTARIOS.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>2.1.1 NATURALEZA E IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS.....</b>            | <b>25</b> |
| <b>2.1.2 TIPOS DE INVENTARIOS.....</b>                                   | <b>26</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>2.2 ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.</b> .....                       | 26  |
| <b>2.3 MODELOS DE INVENTARIOS.</b> .....  | 27  |
| <b>2.3.1 MODELO BÁSICO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA</b> .....   | 27  |
| <b>2.3.1.1 PUNTO DE REORDEN.</b> .....  | 30  |
| <b>2.3.2 MODELO ESTOCÁSTICO CON REVISIÓN CONTINUA</b> .....   | 30  |
| <b>2.3.3 PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV</b> .....   | 32  |
| <b>CAPÍTULO 3. MARCOS DE REFERENCIA PARA LA CERTIFICACIÓN NMX-CC-9001 Y LA ACREDITACIÓN NMX-EC-15189.</b> .....           | 34  |
| <b>3.1 NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. (ISO 15189:2012)</b> ..... | 34  |
| <b>3.2 NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos. (ISO 9001:2008)</b> .....                     | 35  |
| <b>3.3 NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos (ISO 9001:2015</b> .....                       | 36  |
| <b>3.4 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.</b> .....   | 36  |
| <b>CAPÍTULO 4. APLICACIÓN AL CASO DEL LABORATORIO DE HORMONAS Y NIVELES SÉRICOS DE UN HOSPITAL.</b> .....                 | 37  |
| <b>4.1 PRONÓSTICOS</b> .....  | 41  |
| <b>4.2 INVENTARIOS</b> .....  | 59  |
| <b>4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO.</b> .....   | 75  |
| <b>ANEXOS.</b> .....  | 88  |
| <b>ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.</b> .....  | 88  |
| <b>ANEXO 2. EJEMPLO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.</b> .....  | 93  |
| <b>ANEXO 3. EJEMPLO DE CALCULO DE NÚMERO DE PRUEBAS PARA LOS ANALITOS</b> .....   | 153 |
| <b>ANEXO 4. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE (Alvarez Cáceres, 1996).</b> .....                        | 155 |

## **RESUMEN**

En este trabajo se presenta el desarrollo de un procedimiento para el control de inventarios, mediante el análisis de la demanda y de modelos matemáticos que permitan la minimización de costos y un control más adecuado de insumos en un laboratorio de análisis de hormonas y niveles séricos.

Debido a que el laboratorio cuenta con una certificación con la NMX-CC-9001 y acreditación bajo la NMX-EC-15189, se realizó un análisis de la éstos estándares para determinar los requisitos necesarios para la operación del procedimiento, adicionalmente, se determinó que para el uso del software Microsoft Excel en los cálculo del análisis de la demanda, pronósticos e inventarios, es necesario validar las hojas de cálculo, por lo que se elaboró un procedimiento y se realizó dicha validación.

## **ABSTRACT**

In this work a procedure is develop for the inventory control , using demand analisys and mathematical models; that allow reduction of costs and adequate supplies control in a laboratory of analysis of hormones and serum levels.

The laboratory has a certification with NMX-CC-9001 and accredited under NMX-EC-15189, an analysis of these standards was performed to determine the necessary requirements for the operation of the procedure, it was determined that for the use of sheets in Microsoft Excel, should be validated, so additionally a procedure was developed and validated.

# INTRODUCCIÓN.

## LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

A pesar de que la historia de la industria que data de varios siglos, es a partir del siglo XIX cuando se torna posible identificar el nacimiento de una práctica farmacéutica como Industria. En Europa, a partir de 1860, y gracias a la Primera Guerra Mundial se inicia su expansión. Este desarrollo continúa hasta la década de los setenta, cuando los productos químico-farmacológicos empiezan a menguar debido a la dificultad en el proceso de desarrollo e investigación.

Europa y América del Norte se convirtieron en los principales productores. La competencia, innovación, demanda mundial, facilidades que ofrecen los mercados y los reglamentos internacionales y nacionales se convirtieron en factores importantes para el desarrollo de las empresas pertenecientes a esta industria.

El progreso de esta industria resultó ser mayor en los países desarrollados que lograron contar con una sólida industria química, tal fue el caso de Estados Unidos, Inglaterra, Suiza, Francia y Alemania, los cuales son exportadores de materia primas farmacéuticas que producen a granel y distribuyen internacionalmente.

Mientras tanto, los países que no han desarrollado una industria química sólida tienen las limitantes de tener prácticas restrictivas, discriminación de precios y el manejo de un sistema internacional de patentes como instrumento del mercado. En países como Argentina, Brasil, Israel e India, tienen la capacidad de producir diversas materias primas y la fabricación de productos finales; sin embargo, la mayoría de las materias primas proviene de la importación. El producto terminado usualmente es enviado a países de menor capacidad industrial.

Para aquellos países que no cuentan con una industria apta para satisfacer sus necesidades, se requiere hacerlo por medio de importaciones, lo que genera una relación de dependencia hacia los países proveedores, favoreciendo así el desarrollo y el mantenimiento de oligopolios por parte de las farmacéuticas.

## LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO.

En México, en el año 2008, existían 224 laboratorios de medicamentos o productos biológicos, pertenecientes a 200 empresas (46 de ellas forman parte de consorcios o industrias con capital mayoritariamente extranjero y las restantes son de accionistas predominantemente mexicanos). Además de lo anterior y, sobre todo, por su contribución a la salud de la población, esta industria genera un efecto multiplicador favorable; por ejemplo, en promedio, entre 1993 y 2014 aportó poco más del 4% del Producto Interno Bruto (PIB) manufacturero en México. (KPMG MÉXICO, 2008), (KPMG MÉXICO, 2017).

Además de tratarse de una rama altamente especializada, la industria farmacéutica genera un impacto directo en 161 ramas de la actividad económica, también generan alrededor de 74,000 empleos directos, 310,000 indirectos. (KPMG MÉXICO, 2017).



El aumento de las importaciones se ha visto favorecido por la innovación internacional en los productos farmacéuticos en donde México no puede competir, ya que la mayoría de la inversión en tecnología está enfocada al mejoramiento de los procesos de producción, más que en la investigación. México todavía carece de los recursos para atraer a los fabricantes farmacéuticos de la esfera de la industria que se basa en investigación y desarrollo. En la actualidad, 90% de las exportaciones farmacéuticas mexicanas son materias primas, mientras que las importaciones de productos finales han crecido en 50% del total de las importaciones. (Comité de Competitividad, 2010).

En 1986, con la incorporación de México al Acuerdo General sobre Comercio y Aranceles (GATT, por su nombre en inglés), se acordó la disminución de aranceles de las materias primas y de los ingredientes activos farmacéuticos (IAF) de importación y la desgravación paulatina de aquellos que se fabricaban en el país. Además, simultáneamente se eliminó la negación del permiso de importación si había producción nacional. Como consecuencia, muchos insumos se empezaron a adquirir en otros países en los que por diversos motivos era económicamente ventajoso, mientras que ciertas materias primas (productos intermedios) necesarias para la fabricación de IAF siguen teniendo aranceles (0.7 a 5% en fracciones arancelarias 20 y 30 [1]) a pesar de que no se elaboran en México. (Comité de Competitividad, 2010).

La Industria Farmacéutica en México tiene una vigilancia muy estricta por lo delicado de sus actividades, desde las etapas de investigación, desarrollo, aprobación sanitaria, promoción, venta y seguimiento de productos, hasta la operación, socios comerciales y otros sectores involucrados, la entidad encargada de su vigilancia es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

## **CONTROL INTERNO**

Desde los pueblos antiguos acostumbraban a almacenar cantidades grandes de alimentos para utilizarse en tiempos de sequía, inundaciones u otras inclemencias. Así es como nace la importancia de los inventarios, como una forma de almacenamiento de bienes y alimentos para sobrevivir.

En los antiguos imperios europeos, hacia los años 747 y 814, comenzaron a ejercer las primeras formas de control, donde los soberanos exigían a dos escribanos diferentes, evidencia del mantenimiento y vigilancia de sus cuentas y bienes, a manera de control para evitar desfalcos. Posteriormente hacia el año 1319, Felipe V daría a su cámara de cuentas, poderes administrativos y jurisdiccionales para el control de negocios financieros.

Mediante el desarrollo comercial entre los pueblos de Egipto, Fenicia, Siria y otros países de Medio Oriente, se implementó la contabilidad por partida simple, éstas eran sencillas debido a la reducida cantidad de operaciones, razón por la cual cada individuo podía ejercer su propio control. Sin embargo, debido al incremento del comercio en las ciudades italianas alrededor de los años 1400, se produjo una evolución de la contabilidad y los registros de las transacciones.

---

<sup>1</sup> La fracción arancelaria es la forma de identificar a un producto que ingresa del extranjero para el cobro de aranceles, está compuesto de vario dígitos asignados para capítulos, partida, subpartida y fracción. En este caso nos referimos al capítulo 29 de productos químicos orgánicos y al 30 de productos farmacéuticos

A mitad del siglo XVIII, en Inglaterra, al inicio de la Revolución Industrial, se introdujeron máquinas que eran manipuladas por varias personas para la elaboración de artículos industriales, dificultando los procesos de producción, dando como resultado la necesidad de controlar las operaciones.

En 1862, la ley Británica de Sociedades Anónimas, reconoció la Auditoría como profesión, al mismo tiempo, entre 1862 y 1905, la profesión de Auditor creció y su objetivo era detectar el fraude. Así mismo, en Estados Unidos, alrededor de 1900, su objetivo era la revisión independiente de los asuntos financieros y de los resultados de las operaciones. A partir de este momento, se desarrolló la Auditoría como un proceso integral y de asesoría al interior de las empresas afianzando el desarrollo de un sistema de control propio para cada una de ellas.

A finales del siglo XIX, como resultado del crecimiento de la producción, los propietarios tuvieron la dificultad de atender personalmente los problemas administrativos, comerciales y productivos, razón por la cual tuvieron que delegar actividades, apoyando a la creación de sistemas y procedimientos que previeran o disminuyeran fraudes o errores. Así nace el control, para asegurar y constatar que los planes y políticas preestablecidas se cumplan tal como fueron fijadas.

## **LABORATORIOS DE ANÁLISIS CLÍNICOS**

El desarrollo de los métodos analíticos depende de las nuevas tecnologías emergentes y sus aplicaciones en el laboratorio clínico. Por ejemplo, los primeros métodos fueron los gravimétricos, que surgieron gracias a la aparición de las primeras balanzas con un grado de exactitud suficiente. Después, la aparición de instrumentos de cristal bien calibrados permitieron el desarrollo de métodos volumétricos. La invención del fotómetro significó la introducción de métodos basados en la absorción de luz por una sustancia coloreada

La aparición en el transcurso del siglo XX, de equipos que permiten la separación selectiva de los componentes de una muestra, como es el caso de la cromatografía y la electroforesis, la introducción de los electrodos para medición electrométrica, el desarrollo de los procedimientos de inmunoanálisis, y la entrada de los analizadores químicos y hematológicos, así como la automatización de casi todos los procesos del laboratorio (con la excepción de la toma de muestras), son algunos ejemplos del incesante desarrollo de la tecnología aplicada al diagnóstico clínico. (Prada Quesada, 2010).

En las últimas décadas, los laboratorios de análisis clínicos han presentado un conjunto de cambios, los cuales, cada vez están más presentes para ayudar a los médicos a proveer de información de gran valor para el diagnóstico y evaluación del estado de salud de las personas, como pueden ser:

- Gracias a los avances tecnológicos, se ha permitido llevar a cabo un gran número de pruebas sin descuidar la calidad de los resultados.
- Los sistemas computacionales ayudan al manejo eficiente de un gran número de información de manera rápida y segura.
- La integración de nuevas pruebas de diagnóstico más eficientes y eficaces en las áreas de conocimiento de los laboratorios.
- Se tienen las condiciones necesarias para que la muestra pueda viajar a dónde será analizada.

- La participación de los profesionales del laboratorio optimizando las evaluaciones, para que éstas puedan ayudar a obtener diagnósticos y tratamientos aptos para mejorar el estado de salud de los pacientes.
- Renovar el manejo de los recursos y proporcionar una mejor oferta de servicios y atención al paciente.

## **MEDICAMENTOS E INSUMOS.**

La disponibilidad y el acceso a los medicamentos e insumos constituyen uno de los aspectos medulares de todo sistema de salud. Estos conceptos adquieren cada vez mayor relevancia debido al incremento en el costo de la atención médica, a la demanda de acciones para mejorar la eficiencia en la provisión de servicios de salud, así como por los problemas de abasto que se han manifestado en las entidades de seguridad social en años recientes. Ésta es una responsabilidad compartida entre el sector privado y público, agrupando aspectos como la fabricación y distribución.

Uno de los responsables del acceso a los medicamentos es el Estado, es decir, garantizar que los medicamentos estarán disponibles en el momento y lugar requerido. Estos aspectos son importantes para todos los sistemas de salud que pretenden garantizar el acceso a los medicamentos.

La problemática sobre la disponibilidad de medicamentos e insumos farmacéuticos en México es muy distinta en el mercado privado respecto al sector público. La disponibilidad en el mercado privado es satisfactoria. La disponibilidad de los medicamentos e insumos farmacéuticos en las instituciones del sector público es insatisfactoria. La crisis de disponibilidad en instituciones públicas se ha venido corrigiendo gradualmente en términos razonables, pero a pesar de esto sigue siendo insatisfactoria. En el sector público los problemas que limitan la disponibilidad son múltiples: restricciones presupuestarias, dificultades en el proceso administrativo de compra y distribución ineficaz, entre otros aspectos. Los procedimientos de adquisición afectan el costo y la disponibilidad en las instituciones de salud. El sector público recurre a sus propios sistemas de compra, almacenamiento y distribución para que el medicamento y los insumos lleguen a sus centros de dispensación. Dichos sistemas se han rezagado respecto a los que utiliza el sector privado en materia de organización y logística. Las prácticas que se siguen para determinar los requerimientos de suministro en las instituciones de salud ocasionan con frecuencia que los inventarios no correspondan con las necesidades reales del centro, lo que se traduce en un costo sustancial para el sistema de salud, pues inventarios excesivos generan altas tasas de caducidad e insuficiente disponibilidad. El contraste entre el surtimiento satisfactorio en el mercado privado y uno insatisfactorio en las instituciones es bastante notorio, surgiendo como problema fundamental a resolver la disponibilidad. Resulta evidente que los problemas de disponibilidad no se deben a deficiencias en el sistema de distribución, sino básicamente a los procesos de planeación, adquisición, distribución y dispensación en las instituciones de salud. (Comité de Competitividad, 2010).

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Un Hospital es considerado como uno de los principales centros dedicados al estudio de las ciencias neurológicas. Fue concebido inicialmente como una institución donde se desarrollan con la misma importancia académica las tres principales divisiones de las neurociencias clínicas: Neurología, Neurocirugía y Psiquiatría. Dentro de la organización interna del hospital, se encuentra el laboratorio de hormonas y niveles séricos, el cual está certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189.

La manera en la que el laboratorio adquiere los insumos es mediante una licitación anual. Para poder realizar la licitación, el laboratorio debe establecer las cantidades de insumos que va a solicitar, y a su vez, no debe exceder el presupuesto que tiene designado. El cálculo de insumos necesarios se hace de manera empírica, no se cuenta con una metodología que permita pronosticar una demanda y así determinar las cantidades adecuadas, de este modo, se corre el riesgo de no tener material suficiente para la realización de los análisis solicitados por los médicos, teniendo una repercusión directa en la salud de los pacientes. Por otro lado, también se puede presentar el caso de que se soliciten más insumos de los que en realidad se requieran generando así pérdidas económicas para este hospital.

A pesar de que el laboratorio cuenta con un Sistema de Gestión de la calidad, no se encuentra definida ninguna política de inventarios, lo que provoca que no se encuentren disponibles los materiales necesarios para brindar los servicios de manera adecuada.

Además, el proveedor surte cada mes los materiales y las cantidades que el laboratorio le indica; al no tener una planeación adecuada, muchas veces el material es insuficiente para cubrir las necesidades de los pacientes, y como ya se había mencionado, puede repercutir en problemas de salud para los usuarios y económicos del hospital.

## **OBJETIVO.**

El objetivo de este trabajo es desarrollar un procedimiento acorde a lo establecido en las normas NMX-CC-9001 y NMX-EC-15189 que permita, a través de un modelo de control de inventarios de insumos en el laboratorio de hormonas y niveles séricos del Hospital, minimizar los costos de inventario, evitando tener un déficit de insumos en el laboratorio.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Presentar algunos modelos de series de tiempo que permitan hacer pronósticos certeros de la demanda de cada uno de los insumos requeridos por el laboratorio.
2. Establecer un modelo adecuado para el control de inventarios del laboratorio.
3. Diseñar un procedimiento para implementar la política óptima de inventarios.
4. Aplicación del procedimiento desarrollado al caso de un laboratorio de análisis clínicos.

## **JUSTIFICACIÓN.**

En muchos casos, se encuentran negocios que no hacen un buen trabajo al administrar sus inventarios. En ocasiones, no colocan sus pedidos de reabastecimiento con suficiente anticipación para evitar faltantes. Tener demasiado inventario es tan problemático como disponer de poco. Demasiado, implica costos adicionales e innecesarios relacionados con el almacenaje, seguros, impuestos y los correspondientes al deterioro u obsolescencia de los artículos que se mantienen en existencia. Dichos costos son crecientes con el aumento del inventario.

No todas las organizaciones requieren administrar inventarios, sin embargo, es importante analizar los efectos que tendría para cada empresa o institución, no contar con una política de inventarios adecuada a sus objetivos y funciones. Por ejemplo, los fabricantes necesitan un inventario de materias primas para manufacturar los productos, también se debe almacenar producto terminado en espera de ser enviado. Así mismo, las tiendas y distribuidores deben realizar un análisis para determinar que productos que deben tener en inventario para los consumidores que lo soliciten y aquellos que deben tener un tiempo de espera para la entrega.

Ya que los inventarios son una en algunas ocasiones una inversión considerable de recursos financieros, las decisiones que tienen que ver con las cantidades son significativas. Los modelos de inventario y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para la toma de estas decisiones. Además, La aplicación de las técnicas y políticas de inventarios proporciona una herramienta poderosa para lograr una ventaja competitiva.

Los inventarios suministran un nivel de disponibilidad del producto o servicio que, cuando se localiza cerca del cliente, puede satisfacer sus expectativas por la disponibilidad del producto. (Ballou, 2004). Para el caso de aplicación, al ser un hospital que atiende casos neurológicos, psiquiátricos y neurocirugías, los resultados de los análisis de niveles séricos y hormonas son importantes para ayudar al médico a tener un diagnóstico y un seguimiento más preciso; se debe tomar en cuenta que el principal problema de falta de insumos repercute de manera directa con la salud de los pacientes. Por lo que entre las ventajas de las políticas de inventarios esta tener un mínimo de inversión, mantener un nivel de existencia que permita que las operaciones no se detengan por faltantes, descubrir a tiempo los insumos que no tienen movimiento, los que se han deteriorado o caducado.

## **REVISIÓN DE LITERATURA.**

La administración de inventarios es un área de conocimientos que se ha extendido desde ya hace varias décadas. Desde que Harris propuso en 1915 el modelo de lote económico, muchos autores se han dado a la tarea de resolver distintos problemas de inventarios. El objetivo de estos modelos es establecer la política óptima de control de inventarios, determinando la cantidad a pedir y el periodo de tiempo en el que será suministrada al menor costo posible.

Por tanto, se puede considerar que los problemas de abasto y control de los inventarios son temas en constante evolución, y que son atendidos por investigadores mediante modelos más complejos.

El comportamiento de la demanda es importante para la selección de la técnica de pronóstico, ya que se debe buscar aquel que se ajuste y proporcione una estimación más acertada. En 1972, Croston propuso un método para pronosticar productos con demanda volátil, y determinar la probabilidad de que ocurra o no la demanda y calcular el posible tamaño de demanda. Autores como Snyder, quien en el 2002 hace una adaptación de suavización exponencial que incluye procesos de Bernoulli para tomar la naturaleza esporádica de la demanda. Se realiza modificación al método propuesto por Croston y son evaluadas basándose en el sesgo de control. (Teunter & Sani, 2009).

Linsey y Pavur, en el 2009 propusieron una técnica para la predicción de la demanda con productos de lento movimiento y periodos de demanda cero, mediante la evaluación de intervalos de confianza por medio de un software.

En el 2010, Wallstrom y Segererstdt proponen herramientas y modelos para evaluar la previsión del error, ellos consideran el método Croston es la mejor opción para el suavizado exponencial simple. Pinçe y Dekker, 2011 formularon un modelo de control de inventarios de artículos de lento movimiento sujetos a la obsolescencia, Chevreux, (2010) propone que una estrategia más efectiva para la gestión de productos de lento movimiento sería mantener toda la gama de productos, aunque sea en pequeñas cantidades, esta estrategia es implementada en una empresa manufacturera y los resultados demostraron que ocurre un aumento en las ventas.

Factores clave como los costos de faltantes o la tasa de llenado mínimo fueron considerados por Jaarsveld y Dekker (2011) para determinar el número de piezas de repuesto en inventario. Debido a que una dificultad con este enfoque radica en la estimación de estos costos, los autores proponen estudios para determinarlos usando datos obtenidos con el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Silver, Pike y Peterson (1998) explican cómo se determina el punto de orden y la cantidad a ordenar en sistemas para ítems clase A de bajo movimiento, los costos de inventario, los casos en que se penaliza un pedido pendiente, el tiempo en espera y las implicaciones que dependen de las variaciones en la cantidad a ordenar Q. (Cortés & Morales, 2012)

Los modelos de inventario más recientes enfocan sus esfuerzos a coordinar el tamaño de lote económico de producción/pedido que satisfaga las necesidades del cliente y el proveedor. El papel que juegan dichos modelos radica en la posibilidad de atender problemas de inventarios en contextos más amplios de análisis, como es el caso de las cadenas de suministro internacionales, constituidas por empresas localizadas en diferentes partes del mundo. El uso y aplicación de ese tipo de modelos ha permitido mayor visibilidad de la cadena de suministro, y ayuda a la toma de decisiones coordinadas sobre el abastecimiento y control de los inventarios. (Jiménez Sánchez, Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro, 2015).

Por parte de la logística empresarial, la gestión comprende la administración de recursos, operación y ejecución coordinada de las tareas logísticas, por lo que la coordinación de actividades logísticas es un formalismo que no se da por sí sólo, se debe encontrar mediante la gestión de los procesos del negocio.

## **METODOLOGÍA.**

En el capítulo 1, se presentan propiedades de la demanda y de los modelos de pronósticos, errores y selección de modelos. En el capítulo 2, se mencionan los aspectos importantes, estrategias, de los modelos de inventarios, así como la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos analizados provienen de una distribución normal. Como el laboratorio se encuentra certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189, se analizaron los requisitos de éstos estándares en el capítulo 3. La aplicación de todo lo anterior a un laboratorio de análisis de hormonas y niveles séricos se encuentran en el capítulo 4. Después se presentan los resultados y conclusiones. En los anexos se encuentran los procedimientos que se realizaron, los cálculos, las validaciones y documentos de referencia.

# CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y MÉTODOS DE PRONÓSTICO.

## 1.1 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro. (Adam & Ebert, 1992).

Para poder realizar el pronóstico de la demanda, debemos partir de datos generalmente provenientes del área de ventas o compras, para el caso del laboratorio de las solicitudes de estudio, pero para que los datos sean útiles, se debe estar seguro que reflejan la situación real. Si no existen datos o recolectarlos es costoso, se debe usar un enfoque de pronósticos que no los requiera.

Por supuesto se debe tomar en cuenta que los problemas principales para los pronósticos son el marco de tiempo, nivel de detalle y la exactitud. En caso de decisiones a largo, por ejemplo, si se decide abrir una nueva planta, se basará en la tendencia de los pronósticos de varios años y no solamente en una estimación de la demanda. En caso de decisiones a mediano plazo, por ejemplo, reasignar capacidad extra a una planta, no se requiere conocer la demanda de los artículos de manera individual, más bien de un grupo de artículos que comparten procesos de producción. Para las decisiones de corto plazo, se requieren utilizar datos reales de unidades de producto, el periodo de tiempo puede ser semanal, mensual o trimestral. Para cada tipo de decisiones se requiere diferente tipo de exactitud y nivel de detalle.

Por último, se debe considerar que el pronóstico elaborado, usualmente es un valor que representa estimación media o más probable, sin olvidar que puede tener variaciones que no se pueden controlar, causadas por una componente aleatoria o ruido. Los pronósticos deben ser suficientemente flexibles para adaptarse a los errores, por lo que se podría considerar calcular un intervalo de predicción.

## 1.2 LA IMPORTANCIA ESTRATÉGICA DEL PRONÓSTICO.

Pronosticar es prever el comportamiento que presentará un acontecimiento futuro, implicando el uso de datos históricos (en caso de contar con la información) y algún modelo matemático. Los pronósticos son importantes porque apoyan decisiones en muchas áreas, por ejemplo:

- **Recursos humanos.** La contratación, despido y capacitación de personal dependen de la demanda. Si se requiere contratar personal de manera imprevista, la capacitación del personal se ve afectada, dando como resultado la disminución de la calidad de la fuerza de trabajo.
- **Capacidad de proceso.** Cuando no se tiene la capacidad adecuada, puede significar entregas incumplidas, desencadenando una pérdida de clientes. Por otro lado, una capacidad excesiva implica un aumento de costos.



- **Administración de la cadena de suministro.** Las relaciones con el proveedor y ventajas de precios dependen de pronósticos adecuados, sin olvidar por supuesto, una adecuada logística.

A pesar de las ventajas que ofrecen los modelos de pronóstico, se debe tener en cuenta que no son perfectos, lo que quiere decir que hay factores externos que no se pueden pronosticar o controlar, y que la mayoría de las técnicas suponen la existencia de una estabilidad en el sistema, por lo que se deben vigilar aquellos productos que presentan una demanda variable.

### **1.3 ENFOQUES DE PRONÓSTICOS.**

Hay dos enfoques generales para realizar pronósticos: métodos cuantitativos y cualitativos. Los métodos cuantitativos utilizan una gran variedad de modelos matemáticos basados en datos históricos y variables explicativas y los pronósticos cualitativos o subjetivos incorporan variables como la intuición, experiencia personal (es importante mencionar que se debe tener un conocimiento del comportamiento del caso de estudio).

Como ejemplo de los modelos cualitativos se puede mencionar el jurado de opinión ejecutiva, Método Delphi, composición de la fuerza de ventas, encuestas en el mercado de consumo, entre otros.

Los métodos cuantitativos se dividen en:

- Modelos de serie de tiempo. Predicen bajo la suposición de que el futuro es una función del pasado (Heizer & Render, 2004), por ejemplo: promedios móviles, suavizado exponencial y proyección de tendencias.
- Modelo asociativo. Incorporan las variables explicativas que pueden o no influir en la variable que se desea explicar. (Heizer & Render, 2004), por ejemplo: regresión lineal.

### **1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DEMANDA EN EL TIEMPO.**

Para los datos históricos, se puede hacer un análisis mediante series de tiempo, se elaboran gráficas con los datos de la demanda contra una escala de tiempo. Por medio de la gráfica se descubren formas y comportamientos (forma general de la serie de tiempo, la forma general de su tendencia) compatibles, por ejemplo, una tendencia constante o un modelo de temporada. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de tendencias

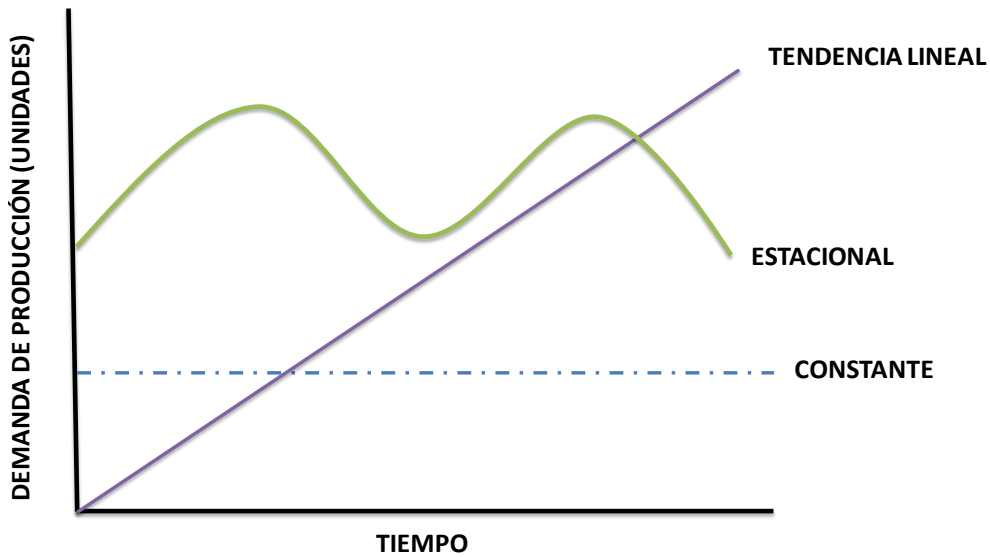


Figura 1. Patrones de la demanda (Adam & Ebert, 1992)

Algunos puntos no se encuentran dentro de las líneas de tendencia, aunque tienden a agruparse alrededor de ella; para describir este comportamiento se emplea el término ruido. El ruido bajo es cuando los datos se dispersan alrededor de un patrón, mientras que el ruido alto o fuerte indica que los puntos están dispersos; como se muestra en la Figura 2. La presencia de ruido en la demanda puede disfrazar la tendencia, es decir, el patrón de comportamiento. El término estabilidad se emplea cuando una serie de tiempo conserva la misma forma a través del tiempo. Las demandas son más fáciles de pronosticar cuándo se presenta un patrón estacionario (estable) que cuando es dinámico (inestable).

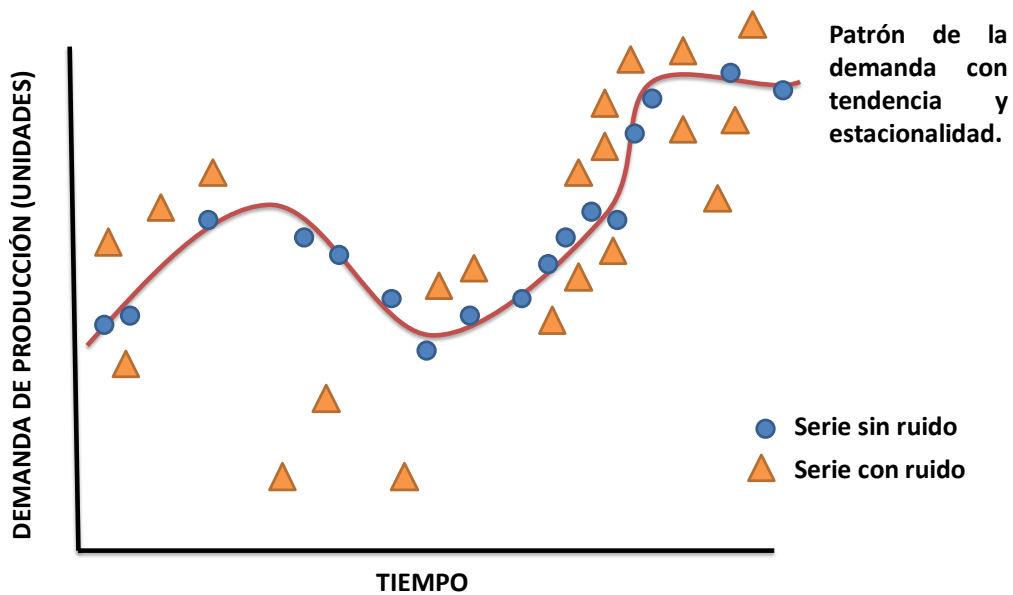


Figura 2. Ruido en la demanda (Adam & Ebert, 1992)

### 1.4.1 DEMANDA DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE.

La demanda de un producto o servicio es dependiente cuando está relacionada con la demanda de otro producto o servicio, de manera contraria, es independiente cuando no existe ninguna interrelación.

Cuando existe una demanda dependiente, sólo es necesario hacer el pronóstico del producto o servicio principal, ya que los demás están relacionados con esta predicción. Si los productos son independientes, se debe hacer un pronóstico para cada uno de ellos.

### 1.5 ERROR EN EL PRONÓSTICO.

Cuando se realiza la evaluación de los distintos métodos de pronóstico, se necesita conocer una medida de efectividad, el error en el pronóstico es un mecanismo ampliamente utilizado. Se define como: "La diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real", (Adam & Ebert, 1992).

$$\text{Error en el pronóstico} = (\text{Demanda real}) - (\text{Demanda pronosticada})$$

Desviación media absoluta. En cada uno de los periodos (i) se compara la demanda actual contra la pronosticada, mediante el uso de valores absolutos, es valiosa, porque mide la dispersión de un valor observado en relación con un valor esperado. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |\text{Demanda pronosticada}_i - \text{Demanda real}_i|}{n}$$

Es importante considerar que la desviación media absoluta (por sus siglas en inglés, MAD) es un promedio de desviaciones absolutas, por lo que sólo nos indica la dimensión del error, más no su dirección.

**Error cuadrático medio.** Es el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores pronosticados y la demanda real.

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Error en el pronóstico})_i^2}{n}$$

Una desventaja de este error es que tiende a acentuar las desviaciones importantes debido al término al cuadrado. (Heizer & Render, 2004).

**Error porcentual absoluto medio.** Es el promedio de las diferencias absolutas entre los valores pronosticados y los valores reales y se expresa como porcentaje de los valores reales:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{|\text{Demanda real}_i - \text{Demanda Pronosticada}_i|}{\text{Demanda real}_i} \right)}{n} 100$$

## 1.6 MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LOS PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA.

### 1.6.1 MODELOS BÁSICOS.

Para estos modelos, se usan datos históricos para generar un pronóstico, es útil si podemos suponer que la demanda permanecerá estable a través del tiempo. Hay diversas maneras de construir los modelos básicos:

**Último dato.** Uno de los modelos más sencillos es usar el último dato como pronóstico para el siguiente periodo. El problema de este modelo es la variación inherente. Si el último dato de la demanda es alto, el pronóstico será alto, si el siguiente dato también es una demanda alta, el pronóstico será bueno, sin embargo, si es baja, el pronóstico será malo.

**Promedio simple.** Es un promedio de los datos de la demanda, en el cual los datos tienen el mismo peso:

$$\text{Promedio simple} = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t)}{n}$$

En donde:

n: número de datos.

$D_t$ : Demanda en el tiempo t

Los promedios se ocupan para detectar la tendencia central de la demanda. La demanda de cualquier periodo quedará dispersa alrededor de la tendencia central. Si se obtiene el promedio de las demandas anteriores, las demandas altas tenderán a estar equilibradas por las demandas bajas, dando como resultado un modelo más representativo. El promedio reduce el error producido por las fluctuaciones de la demanda, pero si la tendencia cambia, el promedio no podrá detectarlo.

**Promedio móvil simple.** Combina los datos de la demanda de los periodos más recientes, siendo el promedio el pronóstico para el periodo siguiente. Se puede emplear una media móvil de entre 3 a 20 periodos, pero una vez escogido el número de periodos, se debe continuar usando el mismo número. Se les dan el mismo peso a todos los periodos seleccionados. El promedio se mueve a través del tiempo, es decir, la demanda más antigua se descarta y se sustituye por la demanda más nueva.

$$\text{Media móvil simple} = \frac{\sum_{t=1}^n D_t}{n}$$

En donde:

n: número de datos del promedio móvil

$D_t$ : Demanda en el tiempo t

$t=1$  es el periodo más antiguo en el promedio de  $n$  periodos

$t=n$  es el periodo más reciente

Aun cuando la media permanezca constante, el promedio móvil cambiara debido al ruido. El ruido afecta en menor proporción a una “ $n$ ” grande y en mayor proporción a una “ $n$ ” pequeña.

## 1.6.2 SUAVIZADO EXPONENCIAL

El suavizado exponencial se distingue por la manera en que da pesos a las demandas anteriores al calcular los promedios. Las demandas más recientes reciben un peso mayor, los pesos de las demandas anteriores caen de manera exponencial. Otra característica especial es la opción de no ocupar muchos datos. (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

**Suavizado exponencial de primer orden.** La ecuación utiliza la demanda real para el periodo más reciente y el pronóstico más reciente:

$$F_t = \alpha(D_t) + (1 - \alpha)(F_{t-1})$$

En donde:

$F_t$ : Pronóstico de la demanda

$F_{t-1}$ : Pronóstico más reciente

$D_t$ : Demanda en el tiempo  $t$

$\alpha$ : Constante de suavizamiento

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Después de que se termina el periodo  $t-1$ , se conoce la demanda actual ( $D_t$ ). Al inicio del periodo “ $t-1$ ”, se hizo el pronóstico ( $F_{t-1}$ ) de la demanda. Por lo tanto, al final de “ $t-1$ ” se tienen las dos informaciones que se necesitan para calcular el pronóstico de la demanda para el próximo periodo ( $F_t$ ). (Adam & Ebert, 1992).

Selección del coeficiente de suavización. Para este modelo se tiene el problema de la selección del coeficiente, la cuál es crítica. Debido a que un gran peso de  $\alpha$  Un elevado coeficiente sería adecuado para productos nuevos o para casos en que la demanda es dinámica. Si la demanda es muy estable, se podría optar por un valor menor para disminuir cualquier ruido que pudiera presentarse.

En la Figura 3 Selección de coeficiente de suavización, se ilustra el resultado de un pronóstico para dos distintos coeficientes de suavización para series inestables de demanda. El modelo de suavizado exponencial con el volumen mayor de  $\alpha$  da mejores resultados; se adapta de una manera más rápida al cambio de la demanda que el modelo que se tomó el valor más bajo de  $\alpha$ . (Adam & Ebert, 1992)

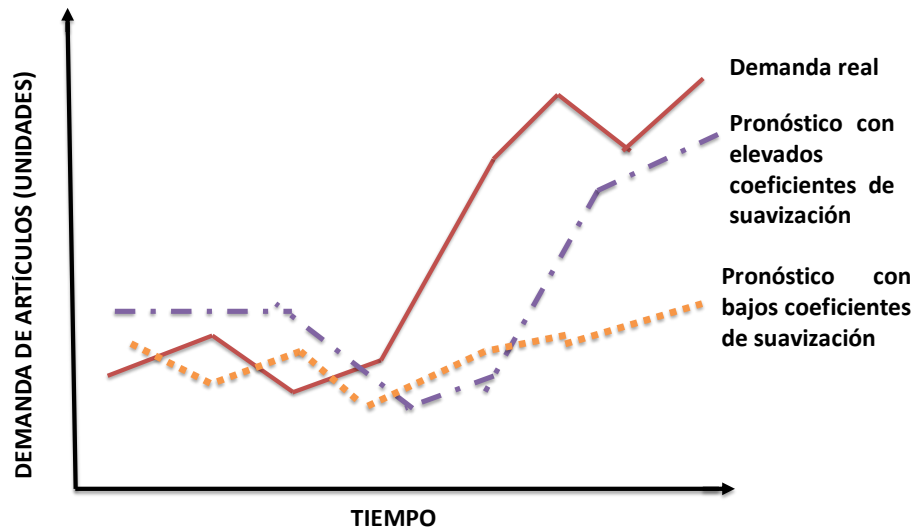


Figura 3. Selección de coeficientes de suavización.

**Suavizado exponencial doble.** Si se tuviera que pronosticar un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento, entonces el pronóstico tendería a subestimar la demanda real. (Sipper & Bulfin Jr., 1998). Este modelo tiende a suavizar el ruido en series de demanda:

$$F_t = \alpha(F'_t) + (1 - \alpha)(F'_{t-1})$$

donde:

$F_t$ : Pronóstico

$F'_t$ : Pronóstico por suavizado en el tiempo t

$F'_{t-1}$ : Pronóstico por suavizado exponencial en el tiempo t-1

$\alpha$ : Constante de suavizamiento

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

**Suavizado exponencial con ajuste de tendencia.** Los pronósticos suavizados exponencialmente se pueden corregir agregando un ajuste a la tendencia, por lo que se necesitan dos constantes de suavizamiento. Se calcula un suavizado exponencial de los datos, la segunda constante reduce el impacto del error que ocurre entre la demanda real y pronosticada. Si no se incluyeran estas constantes, la tendencia reacciona en forma exagerada ante los errores. (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

$$F_t = F_{t-1} + T_t$$

En este modelo requiere dos constantes de suavizado,  $\alpha$  para el promedio y  $\beta$  para la tendencia, después se calcula el promedio y la tendencia para cada periodo.

$$F_t = \alpha(D_t) + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t + F_{t-1}) + (1 - \beta)(T_{t-1})$$

donde:

$F_t$ : Pronóstico de la demanda

$F_{t-1}$ : Pronóstico más reciente

$D_t$ : Demanda en el tiempo

$T_t$ : Tendencia exponencialmente suavizada

$T_{t-1}$ : Tendencia exponencialmente suavizada en el periodo t-1

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$$0 \leq \beta \leq 1$$

**Suavizado exponencial adaptativo.** El proceso adaptable se refiere a la modificación de la constante de suavizamiento " $\alpha$ ", para mantener los errores a un nivel mínimo. Esta constante se modificará con respecto del error absoluto medio cuando el error rebase " $\alpha$ ", ésta se modificará asignando un valor, lo cual permitirá que siempre se mantenga por debajo del valor de " $\alpha$ ". Por ejemplo:

| SUAVIZADO EXPONENCIAL ADAPTATIVO, DIFENILHIDANTOINA |        |             |            |           |                      |
|---|--------|-------------|------------|-----------|----------------------|
| t   | Fecha  | Solicitudes | Pronóstico | $\alpha=$ | Error absoluto medio |
| 12  | dic-14 | 55.00       | 60.99      | 0.24      | 0.11                 |
| 13  | ene-15 | 71.00       | 63.39      | 0.24      | 0.11                 |
| 14  | feb-15 | 47.00       | 59.46      | 0.24      | 0.27                 |
| 15  | mar-15 | 46.00       | 55.55      | 0.29      | 0.21                 |

Tabla 1. Ejemplo de suavizado exponencial adaptativo.

### 1.6.3 REGRESIÓN LINEAL.

Si se desea pronosticar una variable de respuesta ("y") y el valor de la variable de respuesta está relacionado con un valor observable de una o más variables explicativas("x"), se llama pronóstico causal, porque el valor de la de respuesta está causada, o al menos tiene una correlación alta con el valor de la variable explicativa. Sin embargo, la relación entre las variables no siempre es clara, por lo que, con frecuencia pueden ser útiles las técnicas de regresión lineal. (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

$$F_t = a + bX_t$$

**En donde:**

$F_t$ : Pronóstico para el periodo t dado el valor X en el periodo t

a: Ordenada al origen de la variable F

b: Pendiente de la recta

### 1.6.3.1 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN LINEAL.

Es una herramienta estadística que podemos usar para describir el grado en el que la variable esta linealmente relacionada con otra. Dos medidas que describen la correlación es el coeficiente de determinación y el coeficiente de correlación. El coeficiente de determinación se deriva de la relación entre dos tipos de variación: la variación de los valores “y” alrededor de la recta de regresión ajustada y su propia media. (Levin & Rubin, 2004).

Variación de los valores “y” alrededor de la recta de regresión:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2$$

Variación de los valores de “y” alrededor de su propia media:

$$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

Coefficiente de determinación

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Cuando  $r^2$  es cercano a 1, indica una fuerte correlación ente “x” y “y”, mientras que cuando  $r^2$  es cercano a 0, significa que existe poca correlación entre estas dos variables.

### 1.6.4 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA.

No hay base teórica para los modelos de descomposición multiplicativa, son rigurosamente intuitivos. La idea básica en la que se apoyan son varios factores: tendencia, estacional, cíclico e irregular. Las estimaciones de estos factores se utilizan para describir series temporales, si los parámetros no cambian, las estimaciones se pueden usar para determinar pronósticos puntuales. Es útil para modelar series temporales que manifiestan una variación creciente o decreciente. (Bowerman, O’Connell, & Koehler, 2007)

$$y_t = (TR_t)(SN_t)(CL_t)(IR_t)$$



**En donde:**

$y_t$ : valor observado de la serie temporal en el periodo t

$TR_t$ : el componente (o factor) de la tendencia en el periodo t

$SN_t$ : el componente (o factor) estacional en el periodo t

$CL_t$ : el componente (o factor) cíclico en el periodo t

$IR_t$ : el componente (o factor) irregular en el periodo t

## **1.7 SELECCIÓN DEL MODELO DE PRONÓSTICOS.**

Para determinar el modelo de pronóstico adecuado para cada demanda, se realizará un análisis de tendencia, seguido de un análisis de comparación del error cuadrático medio, para determinar cuál modelo presenta menos error. Los modelos que se usarán son los siguientes:

- **Sin tendencia:** último dato, promedio simple, promedio móvil y suavizado exponencial simple.
- **Con tendencia.** Suavizado exponencial doble, suavizado exponencial con ajuste de tendencia, suavizado exponencial adaptativo, regresión lineal, regresión lineal punto por punto, descomposición multiplicativa.

# CAPÍTULO 2. MODELOS DE CONTROL DE INVENTARIOS.

## 2.1 INVENTARIOS.

Los inventarios son las mercancías o materiales resguardados por una organización con el fin de producir o vender para su utilización en el futuro, generalmente se encuentran en un almacén y son clasificados por categorías

### 2.1.1 NATURALEZA E IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS

El control de inventarios es un tema importante en el ámbito de la logística, ellos debido a la dificultad de predecir con exactitud la demanda, producción y necesidades de uso. Debido a lo anterior, el inventario sirve como reserva ante la incierta fluctuación del mercado y mantiene una existencia de artículos a disposición de los requerimientos de la organización. Uno de los problemas típicos, por ejemplo, es la existencia de excesos y de faltantes: **“Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de lo que sí se vende o consume.”** (Muller, 2005).

Las causas por las que una organización decide mantener un inventario de seguridad no pueden ser eliminadas en su totalidad. El problema radica en la manera de realizar el cálculo de estos inventarios de seguridad y punto de reorden, muchas veces se ocupan promedios de la demanda sin tomar en cuenta la variabilidad, de tal manera que este resultado pierde exactitud. De aquí que surge un error conceptual grave, provocando así inversiones de capital innecesario en caso de caer en un exceso o de manera contraria productos agotados, incurriendo así en otros tipos de costos.

En resumen, el problema de los inventarios se reduce a cuánto y cuándo ordenar, por lo que a continuación se ofrecen algunas estrategias para atenuar estos efectos:

- La generación de información y su disponibilidad ayuda a poder realizar un planeación más fácil y eficaz.
- La consolidación de centros de distribución y bodegas para aumentar los volúmenes de demanda por instalación, ya que más altos volúmenes de demanda conducen generalmente a menores niveles de variabilidad de la misma. (Muller, 2005).
- Buena utilización de las técnicas de pronóstico de la demanda.
- La estandarización de productos y la posibilidad de impregnar la característica final del producto cuando se halla efectuado la compra, de este modo se pueden reducir los costos de almacenamiento.
- Medición adecuada de los tiempos de reposición y su variabilidad.
- Tener un sistema de medición de desempeño y financieros, realizando métricas de procesos y no de funciones o puestos.
- Controlar los excesos de órdenes y compras de grandes de inventario con un movimiento bajo.

## 2.1.2 TIPOS DE INVENTARIOS

Existen tres tipos de inventarios: insumos, material en proceso y productos terminados. El propósito de los inventarios es satisfacer una demanda, en el caso de los insumos y materiales en procesos hablamos de clientes internos, como es el caso de los sistemas de producción logrando así un flujo constante y evitando retrasos por falta de materiales y componentes necesarios. "Esta primera distinción determina que a los inventarios de insumos se les denomine también de demanda dependiente y a los inventarios de producto terminado de demanda independiente, ya que la demanda por insumos dependerá de la planeación del proceso productivo de la empresa, mientras que la demanda de productos terminados no se genera en la empresa, por lo que es independiente de la misma y enfrenta un mayor riesgo" (Muller, 2005).

Es importante considerar estos tipos de demanda, ya que determinan las condiciones para su administración. Mientras que la demanda independiente puede ser planificada con antelación en corto plazo, pero en el caso de la demanda dependiente se tiene una incertidumbre debido a la demanda de los clientes externos.

Debido a las características de cada tipo de demanda, se recomienda usar para la planeación de materiales MRP (Materials Requirements Planning), ya que permite la contar con disponibilidad en el momento en que serán requeridos. Para los productos terminados, se recomienda el uso de inventarios de seguridad, el cual busca establecer el nivel de inventarios que debe estar siempre disponible para proporcionar un determinado nivel de servicio al cliente. En el caso de los inventarios de material en proceso, se deben mantener sus niveles al mínimo, ya que un exceso representa un costo y un mayor esfuerzo para el manejo de materiales. Por supuesto, todo lo anterior depende del sector industrial y tipo la organización.

## 2.2 ASPECTOS QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS.

Los aspectos más importantes que influyen en el diseño de un sistema de administración de inventarios son los siguientes:

- El **ciclo de vida de los productos**. Depende del tiempo que tiene el producto en el mercado, por lo que en la fase de introducción se debe cuidar la existencia en lugares claves que responda a la demanda creciente, mientras que en la fase de madurez se racionalizar los niveles de existencia.

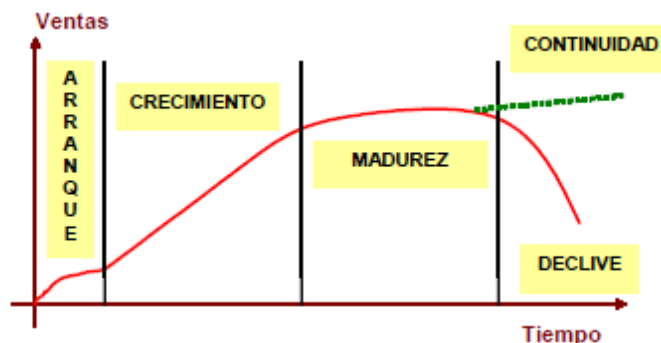


Figura 4. Ciclo de vida de los productos. (Holguín, 2005)

- Las diferencias en la **naturaleza del proceso productivo**, ilustradas en la Tabla siguiente (tipos de sistemas para planeación y control de producción y administración de inventarios), claramente, el principal énfasis del sistema de administración de producción e inventarios depende de dicho proceso.

| <b>SISTEMA</b>                                   | <b>NATURALEZA DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>        | <b>PRINCIPAL ÉNFASIS DEL SISTEMA</b>   |
|--|---|--|
| Trabajo por órdenes                              | Bajo volumen de fabricación.                    | Fabricación para atender una gran cantidad de órdenes diferentes                     |
| Tamaño óptimo de pedido (EOQ), punto de reorden. | Sistemas no-productivos                         | Reducción de los costos de inventario, manteniendo el nivel de servicio del cliente, |
| EOQ en sistema multi-etapas, punto de reorden    | Distribución, sistemas gobernados por capacidad | Alta utilización de la capacidad disponible a costo razonable                        |
| Material Requirements Planning (MRP)             | Producción por lotes, bajo volumen, ensambles   | Coordinación efectiva de materiales  |
| Just in Time (JIT)                               | Alto volumen repetitivo                         | Minimización de alistamientos ("set ups") e inventarios, con alta calidad            |

Tabla 2 Naturaleza del proceso productivo. (Holgúin, 2005)

## 2.3 MODELOS DE INVENTARIOS.

Los costos asociados al manejo de inventarios son los siguientes: Costos de mantener el inventario son los que se relacionan con guardar o mantener, por ejemplo: costos de obsolescencia, robo o daño, costos relacionados con el almacenaje (seguros, mano de obra, intereses), etc. Los costos de ordenar son los que implican el proceso de generar un orden. Los costos de preparar se refieren a los asociados con preparar una máquina o un proceso, incluyendo limpieza, mantenimiento, mano de obra y tiempo de preparación. Los costos por faltante se aplican cuando el inventario se ha terminado, por ejemplo, las ganancias perdidas por no generar la venta o por perder a los clientes,

Los modelos de demanda independiente son: Modelo de cantidad económica a ordenar, modelo de cantidad económica a producir y modelos de descuento por cantidad.

### 2.3.1 MODELO BÁSICO DE LA CANTIDAD ECONÓMICA

Este modelo está basado en las siguientes suposiciones:

1. La demanda es conocida, constante e independiente.
2. El tiempo de entrega es constante.
3. El inventario se recibe de manera instantánea y completa.
4. Los costos de mantener el inventario y de preparación son variables.
5. No existen faltantes.

(Heizer & Render, 2004)

A continuación, en la figura 5. Uso del inventario en el tiempo, se presenta el uso de inventario en el tiempo tiene,  $Q$  significa la cantidad a ordenar, cuando llega una orden, el nivel de inventario aumenta de 0 a  $Q$  unidades. La demanda es constante, así que el inventario disminuye de la misma manera. Este proceso continúa a través del tiempo.

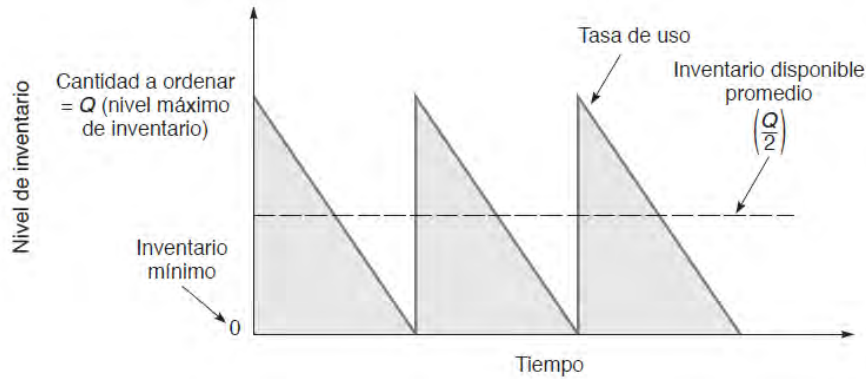


Figura 5. Uso del inventario en el tiempo. (Heizer & Render, 2004)

El objetivo de los modelos de inventarios es minimizar costos, para este caso sería los costos de mantener el inventario y de preparación. Para ayudar a ejemplificar este concepto, la siguiente figura muestra los costos totales en función de la cantidad a ordenar o tamaño de lote  $Q$ . "Conforme aumenta la cantidad ordenada, disminuye el número total de órdenes colocadas por año. Así sí la cantidad ordenada crece, el costo anual de ordenar o preparar decrece. Pero sí aumenta la cantidad ordenada, el costo de mantener también aumenta, ya que se mantiene un inventario promedio mayor. Al reducir los costos de preparación o de mantener, la curva de costo total se reduce. Una reducción en la curva del costo de preparar reduce la cantidad óptima de orden (tamaño de lote) (Heizer & Render, 2004).

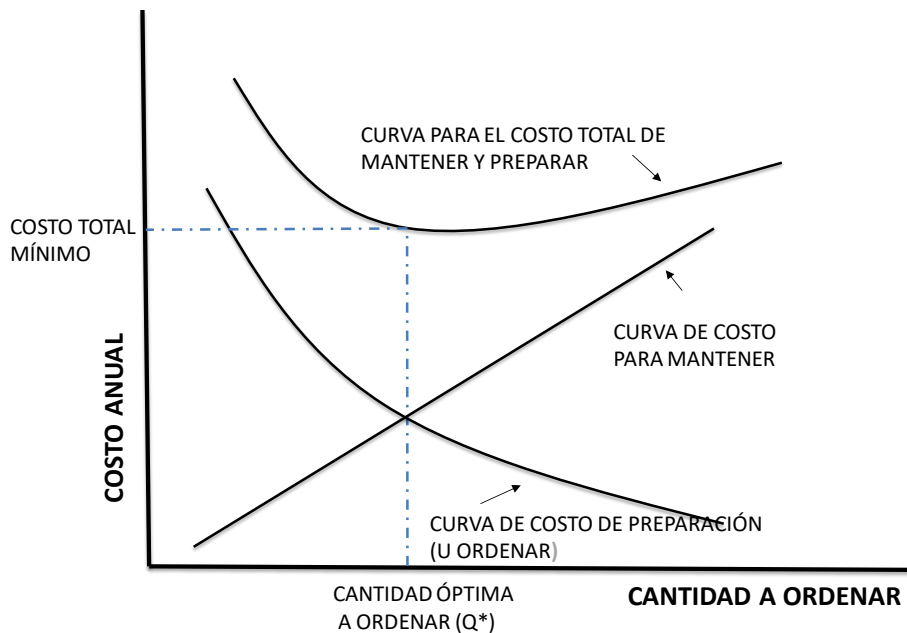


Figura 6. Costo total como función del tamaño de lote (Heizer & Render, 2004).

$$h = ic$$

$$T = \frac{Q}{D}$$

$$I_t = \frac{Q}{2}$$

Costo de compra:  $cQ$

Costo promedio de mantener el inventario:  $\left(\frac{Q}{2}\right)icT = \left(\frac{Q}{2}\right)hT$

Costo promedio por ciclo:  $cQ + A + \left(\frac{Q}{2}\right)hT$

$$A = \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

$$K(Q) = \frac{cQ}{T} + \frac{A}{T} + \left(\frac{Q}{2}\right)hT$$

La cantidad óptima a ordenar se encuentra cuando el costo de preparar anual es igual al costo de mantener anual:

$$\left(\frac{D}{Q}\right)S = \left(\frac{Q}{2}\right)(H)$$

Despejando  $Q^*$ :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$
$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad a ordenar}} = \frac{D}{Q^*}$$

En donde:

$Q$ : número de piezas por orden

$Q^*$ : número óptimo de piezas a ordenar

$D$ : demanda anual en unidades del artículo en inventario

$S$ : costo de ordenar o de preparación para cada orden

$h$ : Costo de mantener o manejar el inventario por unidad de tiempo

$i$ : costo de mantener el inventario (%)

$c$ : costo total anual de mantener el inventario

$A$ : Costo por ordenar

$T$ : longitud del ciclo

$I_t$ : Inventario disponible en el tiempo  $t$ .

$K(Q)$ : Costo promedio anual

$N$ : número esperado de ordenes

### 2.3.1.1 PUNTO DE REORDEN.

Aunque en el modelo se considera que la recepción es instantánea, en la vida real es un proceso que puede tardar horas, días e incluso hasta meses, a este lapso se le denomina tiempo de entrega. o tiempo de abastecimiento. Por lo tanto, se debe tomar una decisión de en qué momento realizar una orden, lo que se le conoce como punto de reorden (Reorder point, ROP), es decir, el nivel de inventario en el cual debe colocarse la orden.

$$ROP = (\text{demanda por día}) \left( \begin{array}{l} \text{tiempo de entrega} \\ \text{de nueva orden en días} \end{array} \right) = dL$$

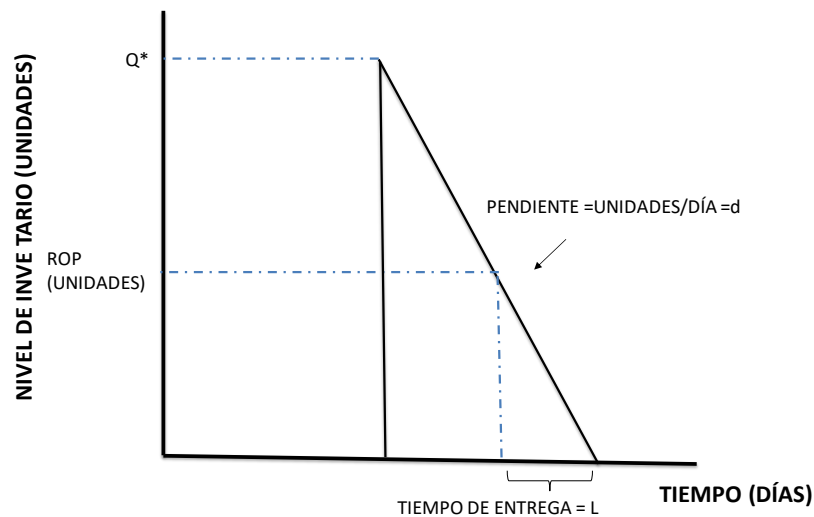


Figura 7. Curva del punto de reorden. (Heizer & Render, 2004)

### 2.3.2 MODELO ESTOCÁSTICO CON REVISIÓN CONTINUA

Estos modelos están diseñados cuando la demanda presenta cierto grado de incertidumbre. El nivel de inventario se supervisa de manera continua, colocando una orden cuando se llega al punto de reorden. Se basa en dos puntos críticos:

- R: punto de reorden.
- Q: cantidad por ordenar.

Siempre que el nivel de inventarios de un producto llegue a R unidades, se coloca una orden de Q unidades para reabastecerlo. Los supuestos del modelo son los siguientes: (Hillier & Lieberman, 2010)

- Cada aplicación se refiere a un solo producto.
- El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo cual su valor actual se conoce.
- Debe usarse una política (R, Q) por lo cual las únicas decisiones que deben tomarse son las selecciones de R y Q.

- Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada. Este tiempo de entrega puede ser fijo o variable.
- La demanda para retirar las unidades del inventario y venderlas (o usarlas de otro modo) durante este tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce (o se puede estimar) la distribución de probabilidad de la demanda.
- Si ocurren faltantes antes de recibir la orden, el exceso de la demanda queda pendiente, de manera que estos faltantes se satisfacen cuando llega la orden.
- Se incurre en costo de preparación (denotado por  $K$ ) cada vez que se coloca una orden.
- Excepto por el costo fijo, el costo de la orden es proporcional a la cantidad  $Q$ .
- Se incurre en un costo de mantener (denotado por  $h$ ) por cada unidad en inventario por unidad de tiempo-
- Cuando ocurren faltantes, se incurre en cierto costo por faltantes (denotado por  $p$ ) por cada unidad que falta por unidad de tiempo hasta que se satisface la demanda pendiente.

Para la elección de la cantidad de orden ( $Q$ ), se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

En donde:

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$h$ : costo de mantener el inventario

$p$ : costo por faltante

Para la elección del punto de reorden ( $R$ ), depende del nivel de servicios deseado, por lo tanto, se convierte en una decisión administrativa. El nivel de servicio se puede definir de varias maneras, como se describe a continuación (Hillier & Lieberman, 2010):

- Probabilidad de que ocurra un faltante entre la colocación de la orden y la recepción del pedido.
- Número promedio de faltantes por año.
- Porcentaje promedio de la demanda anual que satisface de inmediato (sin faltantes)
- Retraso promedio para satisfacer las órdenes pendientes cuando ocurre un faltante.
- Retraso promedio global para satisfacer las órdenes (donde el retraso sin faltantes es cero).

Modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$



En donde:

$Q$ : cantidad a ordenar

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$p$ : costo por faltantes

Se utilizará el primer criterio para seleccionar el nivel de servicio, primero se debe seleccionar  $L$  (probabilidad deseada de que no ocurran faltantes en el lapso entre colocar una orden y recibirla).

Sí la demanda ( $D$ ), tiene una distribución normal, con media ( $\mu$ ) y desviación estándar ( $\sigma$ ), se puede utilizar la tabla de distribución normal para determinar  $R$ .

$$R = \mu + K_{1-L} \sigma$$

Inventario de seguridad:  $R - \mu = K_{1-L} \sigma$

$D$ : demanda durante el tiempo de entrega para satisfacer una orden

Por ejemplo, sí  $L = 0.75$ , entonces  $K_{1-L} = .675$

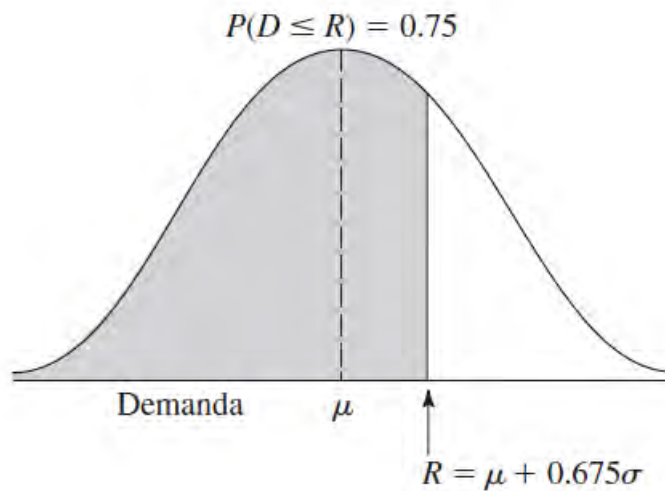


Figura 8. Cálculo del punto de reorden  $R$ . (Hillier & Lieberman, 2010)

### 2.3.3 PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Es un método no paramétrico para probar si existe una diferencia significativa entre una distribución de frecuencias observada y una distribución de frecuencias teórica. (Levin & Rubin, 2004).

La prueba se basa en calcular el valor absoluto de la diferencia entre la frecuencia relativa acumulativa teórica ( $F_t$ ) y la frecuencia relativa acumulativa observada ( $F_0$ ) (Alvarez Cáceres, 1996):

$$D = |F_t - F_0|$$

$F_t$ : Frecuencia esperada, suponiendo que la distribución es la supuesta.

$F_0$ : Frecuencia observada

Entre estas frecuencias se permiten pequeñas diferencias explicables por el azar. Si obtenemos una diferencia cuya probabilidad, bajo el supuesto de que en la población la variable siga la distribución teórica, que se está evaluando, sea menor que el límite prefijado en el contraste de la hipótesis (habitualmente es 0.05), rechazamos la hipótesis nula, es decir, las máximas diferencias aceptadas están tabuladas; éstas dependen del tamaño de la muestra y del nivel de significancia aceptado. Si  $D$  es mayor que el máximo valor aceptable, al que llamaremos valor crítico ( $V_c$ , tabla de anexo 4), rechazaremos la hipótesis nula y concluiremos que, en la población, la variable no sigue la distribución evaluada. (Alvarez Cáceres, 1996).

Las hipótesis en la prueba son, (Alvarez Cáceres, 1996):

$H_0$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$H_1$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

En donde:

$\alpha$ : Nivel de significancia

## **CAPÍTULO 3. MARCOS DE REFERENCIA PARA LA CERTIFICACIÓN NMX-CC-9001 Y LA ACREDITACIÓN NMX-EC-15189.**

Como ya se mencionó con anterioridad, el laboratorio se encuentra certificado con la NMX-CC-9001 y acreditado bajo la NMX-EC-15189, por lo que es necesario que se analicen los requisitos de estas normas mexicanas con respecto a los inventarios:

### **3.1 NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. (ISO 15189:2012)**

#### **5.3 Equipo de laboratorio, reactivos y consumibles.**

##### **5.3.1. Generalidades**

El laboratorio debe tener un procedimiento documentado para la selección, adquisición y la gestión de equipamiento.

El laboratorio debe estar provisto con todos los elementos de equipo requerido para proporcionar los servicios (incluyendo la toma de muestras primaria, preparación de las muestras, procesamiento, examen y almacenamiento). En caso de que el laboratorio necesite usar equipo fuera de su control permanente, la alta dirección del laboratorio debe asegurar que se cumplan los requisitos de esta norma mexicana.

En este caso, se define que los elementos requeridos para proporcionar los servicios, también se incluyen materiales de referencia, calibradores, materiales de control de calidad, consumibles, entre otros.

Se cuenta con el procedimiento de evaluación de proveedores y solicitud de insumos, el cual habla de la adquisición mediante la licitación pública. También existe un procedimiento para la gestión de los equipos, para mantener las condiciones necesarias de los procesos, se cuenta con todos los equipos necesarios para la prestación de servicios

##### **5.3.2 Reactivos y consumibles.**

###### **5.3.2.1 Generalidades.**

El laboratorio debe tener un procedimiento documentado para la recepción, almacenamiento, ensayo de aceptación y la gestión de inventario de reactivos y consumibles.

El laboratorio cuenta con un procedimiento en el que describe como debe ser la recepción, que documentos se deben verificar para la aceptación de los materiales, revisión de documentos que comprueben la cadena de frío, pasos a seguir en caso de rechazar los insumos, condiciones ambientales de almacenamiento, como se deben colocar una vez recibidos, así como los formatos que se deben llenar.

### 3.2 NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos. (ISO 9001:2008)

#### 7. Realización del producto.

##### 7.1. Planificación de la realización del producto.

La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto. La planificación de la realización del producto debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de la calidad.

A pesar de que la norma menciona productos, por las características de ésta misma, se puede aplicar también a servicios, como es el caso del laboratorio. El laboratorio cuenta con una planeación y una interacción de procesos relacionados con la realización del servicio como se muestra a continuación:



Figura 9. Interacción de los procesos (NMX-CC-9001-IMNC-2008)

### **3.3 NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad- Requisitos (ISO 9001:2015**

A pesar de que el laboratorio aún no hace la actualización del sistema de gestión de calidad, es importante hacer el análisis con la norma actual para determinar los requisitos:

#### 7.1. Recursos.

##### 7.1.3 Infraestructura.

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

En esta versión de la norma, nos menciona que la infraestructura puede tratarse de edificios y servicios asociados, equipo, recursos de transporte y tecnologías de la información y la comunicación.

De acuerdo al análisis realizado con anterioridad, el laboratorio cumple con todos los requisitos establecidos, ya que en ninguna norma se especifica que se deba de contar con una política de inventarios.

Es importante señalar que el hecho de que no se tengan los insumos suficientes para realizar los servicios provoca que se tengan no conformidades, por lo que a pesar de que no es un requisito, es importante considerar una política de inventarios adecuada para evitar incumplimientos.

### **3.4 REQUERIMIENTO DEL SISTEMA.**

De acuerdo a lo anterior, como parte de esta investigación se generará un procedimiento para la elaboración de política de inventarios, para lo cual se tiene como base, un procedimiento que se encuentra dentro del sistema de gestión de calidad, el PRO-02, procedimiento para el control de documentos, proporcionado por el laboratorio. Este documento no puede presentarse en este trabajo, debido a que es un documento confidencial, sin embargo, es importante mencionar que se siguieron los lineamientos establecidos por dicho documento.

Debido a que los cálculos realizados para este trabajo se realizaran en el software Microsoft Excel, se debe considerar un procedimiento adicional, la validación de hojas de cálculo. Al ser un sistema computarizado, se requiere asegurar que los datos no se alteren de manera intencionada o no, además de que sean confiables. Este procedimiento se encuentra en el anexo 1. Adicionalmente, se genera un documento de apoyo para la realización de las validaciones, el cual se encuentra en el anexo 2.

## CAPÍTULO 4. APLICACIÓN AL CASO DEL LABORATORIO DE HORMONAS Y NIVELES SÉRICOS DE UN HOSPITAL.

El Hospital al cual pertenece el Laboratorio proporciona servicios de consulta externa, urgencias y hospitalización de las áreas de neurología, neurocirugía y neuropsiquiatría, para lo cual, el Laboratorio solamente procesa órdenes giradas por éste mismo.

Se realiza las funciones toma y revisión de muestras, verificación de resultados, reporte y entrega de resultados, así como la recepción, revisión y registro de documentación necesaria para lo antes mencionado.

El Laboratorio está comprometido con los pacientes y médicos para ofrecer análisis confiables y de calidad con ayuda de un personal capacitado, competente y comprometido con las buenas prácticas profesionales, mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas NMX-CC-9001 y NMX-EC-15189. Los análisis que se realizan junto con su contribución son los siguientes:

| ANALITO                        | CONTRIBUCIÓN   |
|--------------------------------|--|
| <b>Difenilhidantoína (DFH)</b> | La fenitoína (dilantina) es uno de los anticonvulsivos más ampliamente prescritos y se utiliza ocasionalmente como agente antiarritmias del miocardio. En el tratamiento de la epilepsia, (convulsiones tonicoclónicas generalizadas), en las convulsiones corticales focales y para la epilepsia del lóbulo temporal. (Abbott System, 2008).  |
| <b>Fenobarbital (FB)</b>       | El fenobarbital se utilizó por primera vez en 1912 para el tratamiento de epilepsia, especialmente para el control de las crisis parciales motoras o sensoriales. Además, debido a su estrecho margen terapéutico y a la amplia variedad interindividual en la tasa de metabolización y aclaramiento del fenobarbital, la determinación de las concentraciones de fenobarbital en sangre es esencial para los pacientes en tratamiento. (Abbott System, 2008). |
| <b>Carbamazepina</b>           | Se usa en el tratamiento de convulsiones tonicoclónicas generalizadas y parciales (simples y complejas) debido a su capacidad de inhibición de la activación repetitiva de las neuronas. (Abbott System, 2008).  |
| <b>Valproato (AVP)</b>         | El ácido valproico es un fármaco anticonvulsivo de amplio espectro que se utiliza en el tratamiento de la crisis de ausencia, sólo o combinado con otros anticonvulsivos. Es eficaz en el tratamiento de convulsiones tonicoclónicas generalizadas y mioclónicas, así como de ausencias atípicas, simples y parcialmente complejas, epilepsia mayor y pseudoconvulsiones. (Abbott System, 2009).   |
| <b>ANTI-TPO</b>                | Con frecuencia los trastornos de la glándula tiroidea son ocasionados por mecanismos autoinmunes con producción de anticuerpos. La tiroperoxidasa (TPO) es una hemoglicoproteína asociada a la membrana que se expresa únicamente en los tirocitps. Esta enzima cataliza la oxidación del yoduro de los  |

| <b>ANALITO</b>   | <b>CONTRIBUCIÓN</b>   |
|--|---|
|  | residuos tirosina de la toriglobulina para sintetizar T3 y T4, y es uno de los antígenos más importantes de la glándula tiroidea. La determinación de los niveles ActPO es la prueba más sensible para detectar la enfermedad tiroidea autoinmune. (Beckman Coulter, 2010).   |
| <p data-bbox="250 611 503 709"><b>Hormona Folículo Estimulante (FSH)</b></p> <p data-bbox="290 747 462 846"><b>Hormona Luteinizante (LH)</b></p> | <p data-bbox="540 396 1386 726">La hormona folículo estimulante humana (FSH, folitripina) y la LH, controlan el crecimiento y las actividades reproductivas de los tejidos gonadales. La FSH estimula el desarrollo de los folículos ováricos y la gamatogénesis en los testículos. En las mujeres sexualmente maduras, la FSH actúa estimulando el desarrollo de los folículos ováricos. Las concentraciones circulantes de FSH disminuyen durante fase luteínica del ciclo, como respuesta a la producción de estradiol y progesterona por el cuerpo lúteo en desarrollo. En la menopausia, la función ovárica disminuye, con una disminución concomitante de la secreción de estradiol.</p> <p data-bbox="540 730 1386 829">La FSH y LH aumentan, entonces, significativamente debido a la disminución en la retroinhibición por la liberación de gonadotropinas.</p> <p data-bbox="540 833 1386 1094">En los hombres, la FSH, LH y la Testosterona regulan la espermatogénesis actuando sobre las células de Sertoli de los tubos seminíferos de los testículos. La presencia de concentraciones elevadas de LF y FSH indica insuficiencia gonadal cuando viene acompañada de concentraciones bajas de esteroides gonadales. Lo que sugiere insuficiencia testicular primaria o anorquidia, síndrome de Klinefelter o trastorno de células de Sertoli. (Abbott System, 2009).</p> |
| <p data-bbox="313 1234 440 1297"><b>Estradiol (E2)</b></p>   | <p data-bbox="540 1100 1386 1434">El estradiol es el estrógeno más potente de los humanos. Regula la función reproductora de las mujeres y, junto con la progesterona, hace que el embarazo sea posible. La mayor parte del estradiol es segregada por los ovarios (mujeres no embarazadas), aunque los testículos (en hombres) y la corteza suprarrenal (en hombres y mujeres) segregan también pequeñas cantidades. Durante el embarazo, la placenta produce la mayor parte del estradiol circulante. En las mujeres sanas no embarazadas, el estradiol sintetizado por el ovario es la fuente predominante de estrona y estradiol. (Abbott System, 2009).</p>  |
| <p data-bbox="305 1539 448 1570"><b>Prolactina</b></p>   | <p data-bbox="540 1440 1386 1703">La prolactina es un polipéptido de cadena sencilla compuesto por 198 aminoácidos con tres puentes disulfuro intracatenarios y peso molecular de aproximadamente 22.500 daltons. La prolactina es secretada por las células anteriores de la glándula pituitaria. La secreción de prolactina se controla desde el hipotálamo principalmente a través de la liberación del factor inhibidor de prolactina (dopamina) y del factor liberador de prolactina (serotonina). (Beckman Coulter, 2010).</p>  |
| <p data-bbox="321 1772 431 1803"><b>Cortisol</b></p>   | <p data-bbox="540 1709 1386 1871">El cortisol es el principal glucocorticoide producido y segregado por la corteza suprarrenal. Afecta al metabolismo de proteínas, grasas e hidratos de carbono, al mantenimiento de la integridad muscular y miocárdica, y a la supresión de las actividades inflamatoria y alérgica. (Beckman Coulter, 2010).</p>  |

| <b>ANALITO</b>                                  | <b>CONTRIBUCIÓN</b>   |
|---|---|
| <b>Testosterona</b>                             | La testosterona es una hormona sexual masculina, secretada por células de Leydig o células intersticiales de los testículos, regulada y controlada por el efecto retrógrado inhibitorio de la hormona pituitaria sobre el hipotálamo y la hipófisis. La monitorización de la testosterona se utiliza clínicamente para diagnosticar y diferenciar los trastornos endócrinos. En los hombres, estos trastornos incluyen: hipogonadismo, fallo testicular, esterilidad, hipopituitarismo e hiperprolactinemia. En las mujeres, trastornos como el síndrome de ovario poliquístico, hiperplasia suprarrenal, esterilidad, hirsutismo, amenorrea, obesidad y virilización pueden causar cambios en la concentración de testosterona en suero. (Abbott System, 2006).              |
| <b>Hormona del Crecimiento Humana (GH)</b>      | La hormona del crecimiento humana (hGH, somatotropina), hormona polipeptídica de cadena sencilla de 191 aminoácidos, se sintetiza, almacena y secreta por las células somatotrópicas localizadas predominantemente en las alas laterales de la adenohipófisis. El exceso de hormona de crecimiento (acromegalia) puede evaluarse mediante la realización de una prueba de supresión en un individuo con niveles de hGH elevados. Las medidas de hormona de crecimiento se utilizan en el diagnóstico y en el tratamiento de desórdenes relacionados con el lóbulo anterior de la hipófisis. (Beckman Coulter, 2010).  |
| <b>Insulina Hemoglobina Glucosilada (HbA1C)</b> | La diabetes mellitus es una enfermedad que se caracteriza por hiperglicemia a causa de la incapacidad del organismo de utilizar la glucosa en la sangre para producir energía. La terapia para la diabetes exige el mantenimiento a largo plazo de una glucemia que sea lo más cercana posible a la normal, a fin de reducir al mínimo el riesgo de complicaciones vasculares a largo plazo. Una simple medida de la glucemia en ayunas sirve de indicación del estado del paciente en las horas previas, pero puede no ser representativa del verdadero estado de la regulación de la glucemia. Un índice preciso de la glucemia media puede establecerse mediante la medida de los niveles de hemoglobina A1c (HbA1c) cada dos o tres meses. (BIO-RAD Laboratories., 2010). |
| <b>PSA TOTAL</b>                                | Una prueba fiable para detectar el cáncer de próstata en sus primeros estadios, cuando el tumor se limita a la glándula y puede proporcionarse un tratamiento eficaz, puede ser de gran valor para el médico. Históricamente, la mayoría de los cánceres de próstata se han extendido más allá de la glándula cuando se efectúa el diagnóstico. Las mediciones en serie de PSA son útiles para detectar tumores residuales y recidivas del cáncer después de una prostatectomía radical. (Beckman Coulter, 2010).   |
| <b>T-UPTAKE (T-C)<br/>TIROXINA (TOT T4)</b>     | El eje hipotálamo-hipofisario-tiroideo controla la síntesis, liberación y acción de la triyodotironina (T3) y tiroxina (T4). Más del 99% de la T4 y la T3 circulan en la sangre unidas a proteínas portadoras que dejan menos del 1% sin unir. La mayor capacidad de unión para ambas hormonas es a la globulina fijadora de tiroxina (TBG)   |



| ANALITO   | CONTRIBUCIÓN  |
|---|---|
| <p><b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b></p> <p><b>TRIIYODOTIRONINA (TOT T3)</b></p> <p><b>TRIIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)</b></p> <p><b>TIROTROFINA (TSH)</b></p> | <p>y, en menor grado, a la prealbúmina (TPBA) y albúmina sérica. El nivel de actividad del tiroides se correlaciona con la concentración de hormona no fijada o libre. En general, la T4 total es indicativa de la cantidad de T4 libre dado que las concentraciones de TBG se mantienen relativamente constantes en el suero. Sin embargo, los cambios en la concentración de TBG afectan a la cifra de lugares de fijación de TBG desocupados, lo que a su vez afecta al nivel de hormona fijada a proteínas y deja inalterado el nivel libre de la hormona. En el hipotiroidismo, el valor de la captación del tiroides se incrementa debido a las proteínas de fijación altamente saturadas.</p> <p>La hormona liberadora de tirotrófina (TRH) secretada por el hipotálamo estimula la síntesis y liberación de tirotrófina u hormona liberadora del tiroides (TSH). A su vez, la TSH estimula la síntesis, almacenamiento, secreción y metabolismo de tiroxina (T4) y triyodotironina (T3). Los rasgos esenciales de la elaboración y almacenamiento de la hormona tiroides son: captación de yodo; yodación de los residuos tiroideos en la molécula de tiroglobulina; acoplamiento de las monoyodotirosinas (MIT) y diyodotirosinas (DIT) para formar T4 y T3; almacenamiento de las tironinas como tiroglobulina en la glándula tiroides y liberación de la hormona tiroides en la circulación sanguínea. Una vez liberadas en la circulación, la mayor parte de T4 y T3 se fijan a proteínas portadoras. La mayor afinidad de fijación de ambas hormonas es hacia la globulina fijadora de tiroxina (TBG) y, en menor grado, a la prealbúmina (TPBA). Como resultado, el 99,97% de la T4 circulante y el 99,7% de la T3 circulante se unen dejando solamente pequeñas porciones sin unir. La T4 libre y la T3 libre regulan el crecimiento y desarrollo normal manteniendo la temperatura corporal y estimulando la termogénesis. Además, la T4 libre y la T3 libre afectan todos los aspectos del metabolismo de los hidratos de carbono, así como ciertas áreas del metabolismo de lípidos y vitaminas. (Beckman Coulter, 2010).</p> |

**Tabla 3. Contribución de los analitos para los diagnósticos.**

Los equipos requieren ser calibrados cada cierto tiempo, o cada vez que se realice un cambio de lote del reactivo, dependiendo de los equipos, se ocupan de cuatro hasta doce pruebas, además de los calibradores correspondientes. Como parte del sistema de gestión de calidad, todos los días los equipos son sometidos a controladores de nivel alto, medio y/o bajo, por lo que también consume reactivo. Considerando los datos anteriores, se hicieron los cálculos para determinar el número de pruebas para cada analito, los cálculos se encuentran en el anexo 3.

A continuación, se presenta un diagrama de la metodología que se utilizó para el desarrollo de este trabajo:

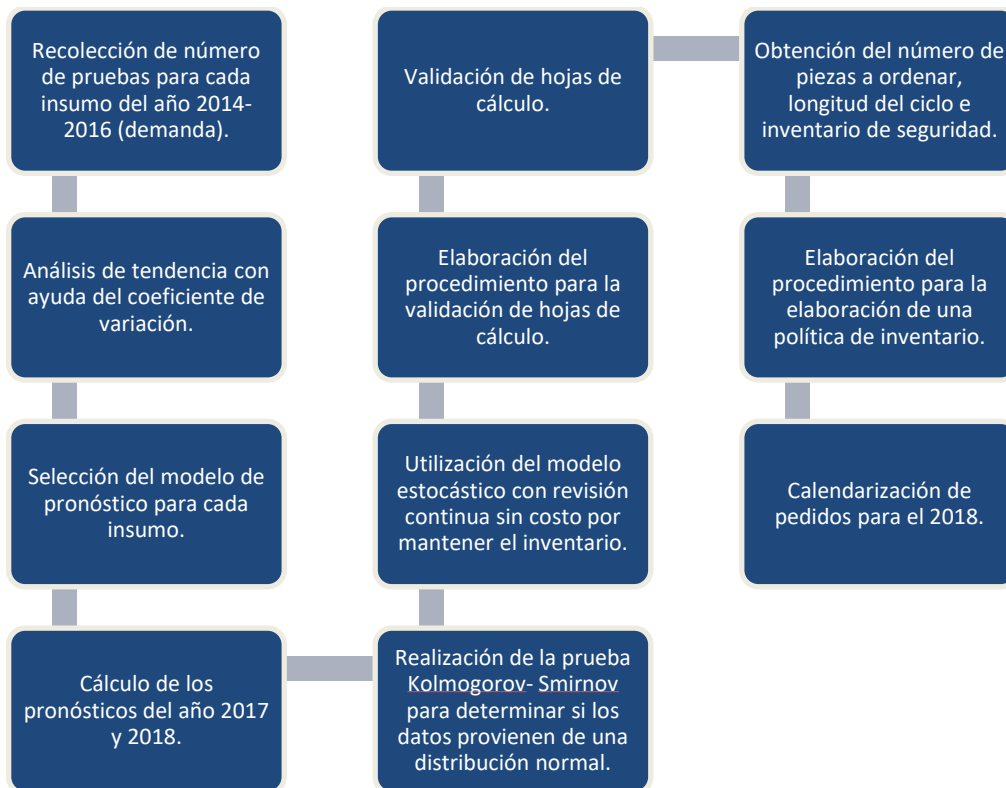


Figura 10. Metodología de desarrollo.

## 4.1 PRONÓSTICOS

Se realiza un análisis de tendencia de acuerdo al coeficiente de variación, como se muestra a continuación:

$c.v. < .2$  Indica que no tiene tendencia

$c.v > .2$  Indica que tiene tendencia

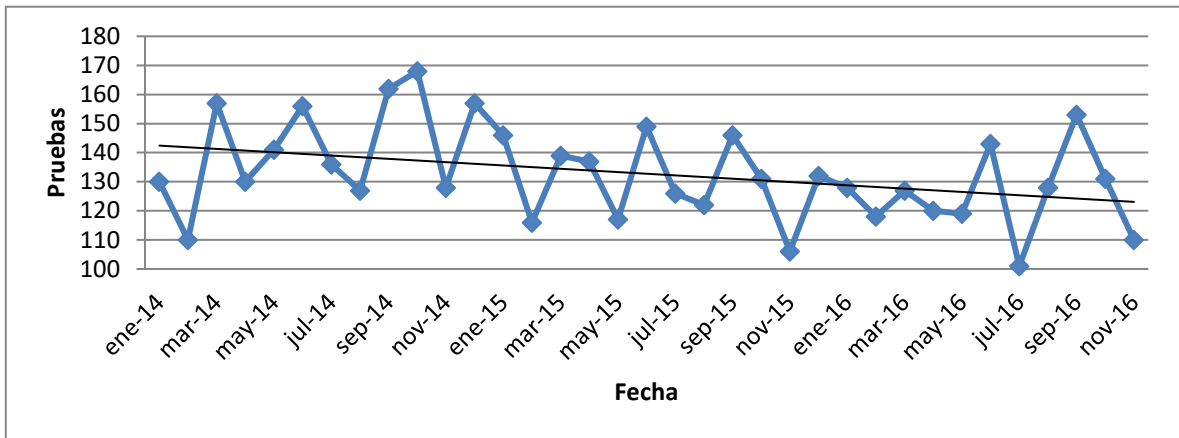
Aquellas series de tiempo cuyo coeficiente de variación indicara no tener tendencia se usarían los modelos: último dato, promedio simple, promedio móvil y suavizado exponencial simple; y aquellos que tuvieran tendencia: suavizado exponencial doble, suavizado exponencial con ajuste de tendencia, suavizado exponencial adaptativo, regresión lineal, regresión lineal punto por punto, descomposición multiplicativa. A continuación, se realizó un análisis de comparación para determinar el modelo que presenta menor error cuadrático medio (MSE).

Para mejorar el modelo y disminuir los errores, se agrupan los datos de manera anual. Debido a su comportamiento, se ocupa el modelo de regresión lineal, una vez que se tiene el pronóstico anual, se ocupan los datos mensuales para poder calcular el promedio de los porcentajes para dosificar los insumos de manera mensual. A continuación, se muestran unos los cálculos realizados:

## DIFENILHIDANTOINA

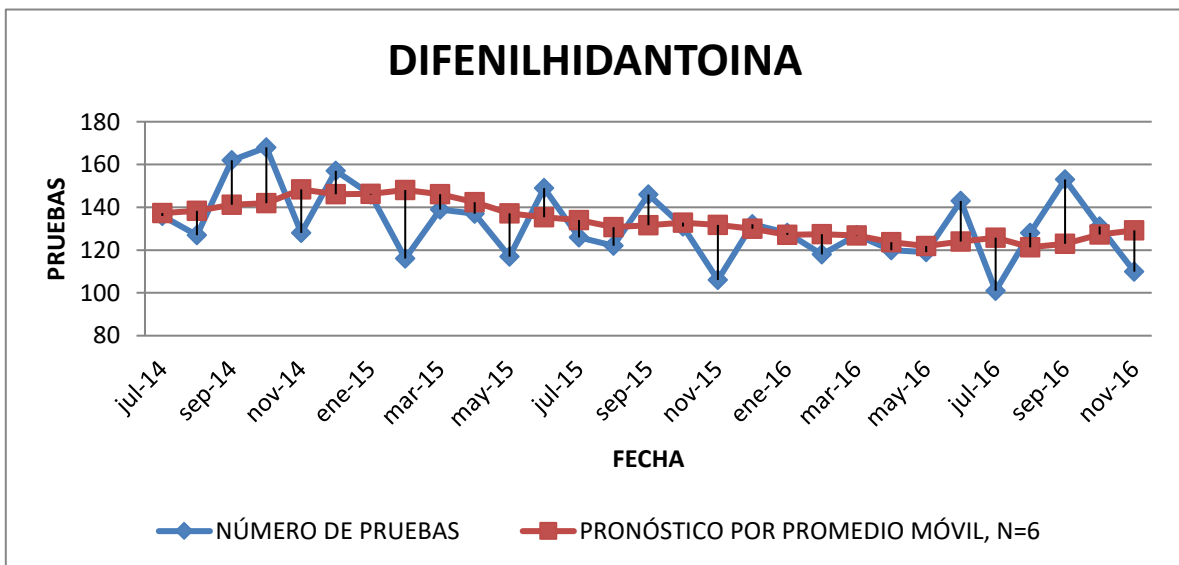
| <b>Fecha</b> | <b>Pruebas</b> |
|--------------|----------------|
| ene-14       | 130            |
| feb-14       | 110            |
| mar-14       | 157            |
| abr-14       | 130            |
| may-14       | 141            |
| jun-14       | 156            |
| jul-14       | 136            |
| ago-14       | 127            |
| sep-14       | 162            |
| oct-14       | 168            |
| nov-14       | 128            |
| dic-14       | 157            |
| ene-15       | 146            |
| feb-15       | 116            |
| mar-15       | 139            |
| abr-15       | 137            |
| may-15       | 117            |
| jun-15       | 149            |
| jul-15       | 126            |
| ago-15       | 122            |
| sep-15       | 146            |
| oct-15       | 131            |
| nov-15       | 106            |
| dic-15       | 132            |
| ene-16       | 128            |
| feb-16       | 118            |
| mar-16       | 127            |
| abr-16       | 120            |
| may-16       | 119            |
| jun-16       | 143            |
| jul-16       | 101            |
| ago-16       | 128            |
| sep-16       | 153            |
| oct-16       | 131            |
| nov-16       | 110            |

|             |        |
|-------------|--------|
| <b>DE</b>   | 16.50  |
| <b>ME</b>   | 132.77 |
| <b>C.V.</b> | 0.12   |



Debido a los datos anteriores, la demanda no presenta componentes cíclicos, estacionalidad, y la tendencia es pequeña (coeficiente de variación de 0.12). Por lo que se usaran los siguientes modelos:

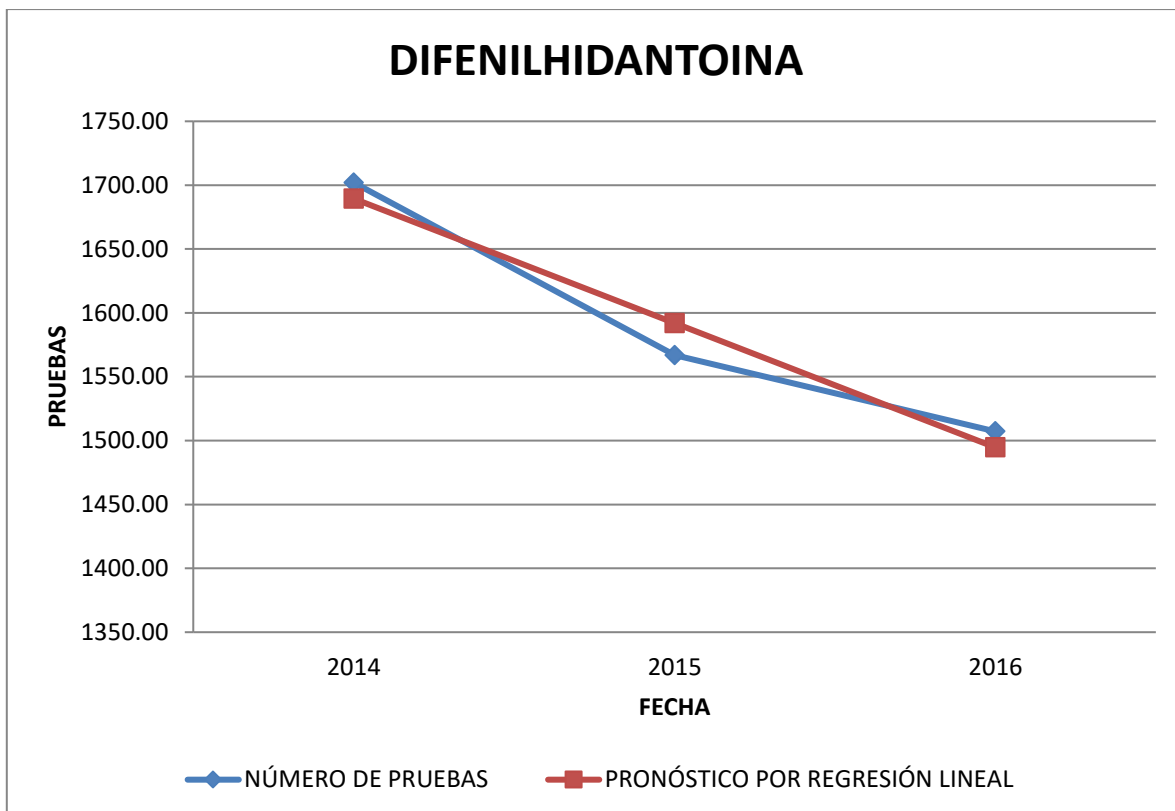
| DIFENILHIDANTOINA                          | Error en el pronóstico | MAD          | MSE           | MAPE (%)    |
|--|------------------------|--------------|---------------|-------------|
| ULTIMO DATO                                | -0.59                  | 20.18        | 539.94        | 15.37       |
| PROMEDIO SIMPLE                            | -3.24                  | 14.57        | 308.49        | 11.32       |
| PROMEDIO MÓVIL, N=2                        | 0.02                   | 16.95        | 423.70        | 12.92       |
| PROMEDIO MÓVIL, N=3                        | -0.79                  | 12.10        | 238.97        | 9.34        |
| PROMEDIO MÓVIL, N=6                        | <b>-1.87</b>           | <b>12.08</b> | <b>238.04</b> | <b>9.38</b> |
| SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$ | -0.47                  | 13.49        | 285.78        | 10.33       |
| SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$ | -0.45                  | 15.14        | 332.29        | 11.59       |
| SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER)      | -0.69                  | 12.99        | 269.08        | 9.95        |
|  | $\alpha=$              | 0.13         |               |             |



Como se puede observar, el método que menor error cuadrático medio (MSE) presenta (238.04) es el de promedio móvil (n=6).

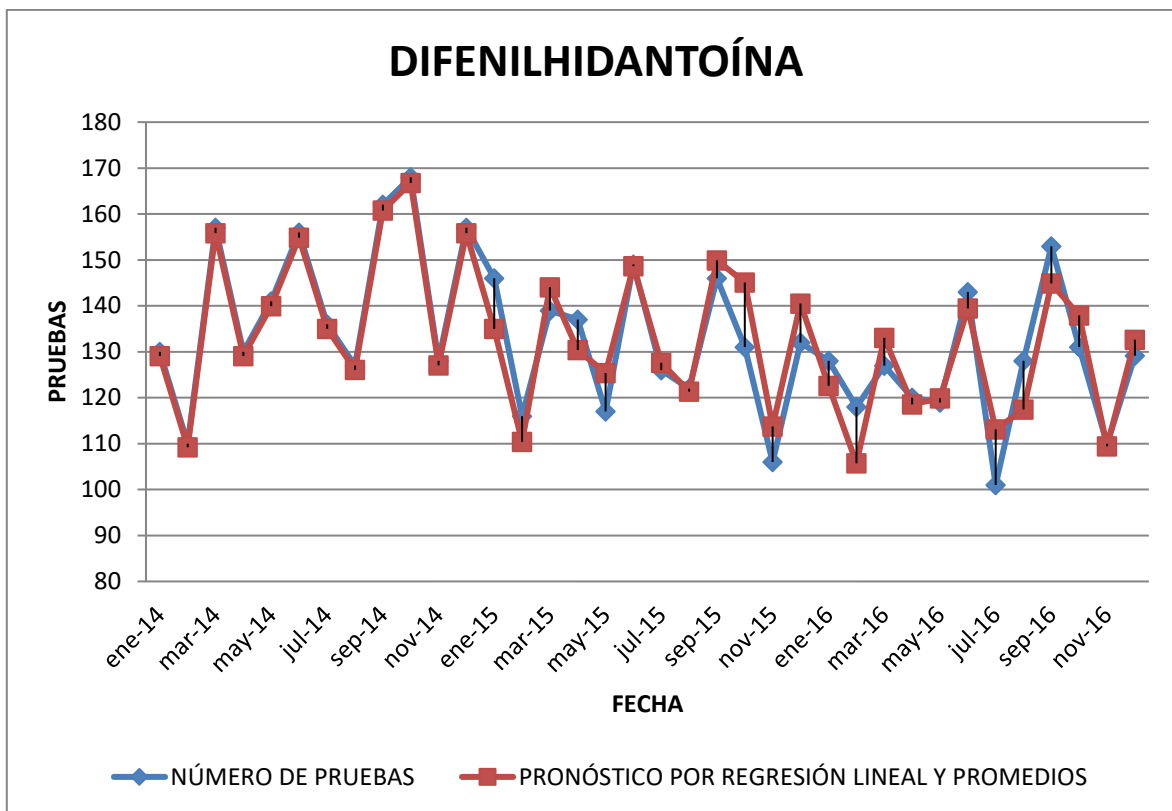
Mejorando el modelo de pronósticos para la disminución de errores:

| REGRESIÓN LINEAL |         |            |                        |       |        |          |
|------------------|---------|------------|------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha            | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| 2014             | 1702.00 | 1689.47    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.74     |
| 2015             | 1567.00 | 1592.06    | -25.06                 | 25.06 | 537.40 | 1.60     |
| 2016             | 1507.17 | 1494.64    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.83     |
| 2017             | 1494.64 | 1465.41    |                        |       |        |          |
| 2018             | 1465.41 | 1438.14    |                        |       |        |          |
| Promedio         |         |            | 0.00                   | 16.70 | 317.40 | 1.06     |



## PRONÓSTICO POR REGRESIÓN LINEAL Y PROMEDIOS

| Fecha  | Pruebas | Porcentaje | Pronóstico      | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
|--------|---------|------------|-----------------|------------------------|-------|--------|----------|
| ene-14 | 130     | 7.64       | 129.04          | 0.96                   | 0.96  | 0.92   | 0.74     |
| feb-14 | 110     | 6.46       | 109.19          | 0.81                   | 0.81  | 0.66   | 0.74     |
| mar-14 | 157     | 9.22       | 155.84          | 1.16                   | 1.16  | 1.34   | 0.74     |
| abr-14 | 130     | 7.64       | 129.04          | 0.96                   | 0.96  | 0.92   | 0.74     |
| may-14 | 141     | 8.28       | 139.96          | 1.04                   | 1.04  | 1.08   | 0.74     |
| jun-14 | 156     | 9.17       | 154.85          | 1.15                   | 1.15  | 1.32   | 0.74     |
| jul-14 | 136     | 7.99       | 135.00          | 1.00                   | 1.00  | 1.00   | 0.74     |
| ago-14 | 127     | 7.46       | 126.07          | 0.93                   | 0.93  | 0.87   | 0.74     |
| sep-14 | 162     | 9.52       | 160.81          | 1.19                   | 1.19  | 1.42   | 0.74     |
| oct-14 | 168     | 9.87       | 166.76          | 1.24                   | 1.24  | 1.53   | 0.74     |
| nov-14 | 128     | 7.52       | 127.06          | 0.94                   | 0.94  | 0.89   | 0.74     |
| dic-14 | 157     | 9.22       | 155.84          | 1.16                   | 1.16  | 1.34   | 0.74     |
| ene-15 | 146     | 8.48       | 134.97          | 11.03                  | 11.03 | 121.70 | 7.56     |
| feb-15 | 116     | 6.93       | 110.37          | 5.63                   | 5.63  | 31.65  | 4.85     |
| mar-15 | 139     | 9.05       | 144.04          | -5.04                  | 5.04  | 25.41  | 3.63     |
| abr-15 | 137     | 8.19       | 130.40          | 6.60                   | 6.60  | 43.61  | 4.82     |
| may-15 | 117     | 7.88       | 125.38          | -8.38                  | 8.38  | 70.25  | 7.16     |
| jun-15 | 149     | 9.34       | 148.65          | 0.35                   | 0.35  | 0.12   | 0.23     |
| jul-15 | 126     | 8.02       | 127.61          | -1.61                  | 1.61  | 2.61   | 1.28     |
| ago-15 | 122     | 7.62       | 121.37          | 0.63                   | 0.63  | 0.39   | 0.51     |
| sep-15 | 146     | 9.42       | 149.93          | -3.93                  | 3.93  | 15.48  | 2.70     |
| oct-15 | 131     | 9.12       | 145.12          | -14.12                 | 14.12 | 199.41 | 10.78    |
| nov-15 | 106     | 7.14       | 113.71          | -7.71                  | 7.71  | 59.49  | 7.28     |
| dic-15 | 132     | 8.82       | 140.48          | -8.48                  | 8.48  | 71.99  | 6.43     |
| ene-16 | 128     | 8.20       | 122.60          | 5.40                   | 5.40  | 29.13  | 4.22     |
| feb-16 | 118     | 7.08       | 105.75          | 12.25                  | 12.25 | 150.16 | 10.38    |
| mar-16 | 127     | 8.90       | 133.01          | -6.01                  | 6.01  | 36.17  | 4.74     |
| abr-16 | 120     | 7.93       | 118.53          | 1.47                   | 1.47  | 2.17   | 1.23     |
| may-16 | 119     | 8.02       | 119.85          | -0.85                  | 0.85  | 0.72   | 0.71     |
| jun-16 | 143     | 9.33       | 139.45          | 3.55                   | 3.55  | 12.57  | 2.48     |
| jul-16 | 101     | 7.57       | 113.13          | -12.13                 | 12.13 | 147.19 | 12.01    |
| ago-16 | 128     | 7.86       | 117.47          | 10.53                  | 10.53 | 110.88 | 8.23     |
| sep-16 | 153     | 9.70       | 144.92          | 8.08                   | 8.08  | 65.33  | 5.28     |
| oct-16 | 131     | 9.23       | 137.89          | -6.89                  | 6.89  | 47.54  | 5.26     |
| nov-16 | 110     | 7.32       | 109.42          | 0.58                   | 0.58  | 0.34   | 0.53     |
| dic-16 | 129.17  | 8.87       | 132.62          | -3.45                  | 3.45  | 11.91  | 2.67     |
|        |         |            | <b>Promedio</b> | 0.00                   | 4.37  | 35.26  | 3.44     |



Debido a que el error medio cuadrático calculado con el modelo de promedio móvil (238.04), disminuye con el modelo de regresión lineal con promedios (35.26), el cálculo de pronósticos es el siguiente:

| PRONÓSTICO 2017 |               |                    |
|-----------------|---------------|--------------------|
| Fecha           | Promedio (%)  | Pronóstico mensual |
| Enero           | 8.11          | 118.79             |
| Febrero         | 6.82          | 99.99              |
| Marzo           | 9.06          | 132.72             |
| Abril           | 7.92          | 116.05             |
| Mayo            | 8.06          | 118.10             |
| Junio           | 9.28          | 135.96             |
| Julio           | 7.86          | 115.16             |
| Agosto          | 7.65          | 112.08             |
| Septiembre      | 9.54          | 139.86             |
| Octubre         | 9.40          | 137.81             |
| Noviembre       | 7.33          | 107.38             |
| Diciembre       | 8.97          | 131.50             |
| <b>Total</b>    | <b>100.00</b> | <b>1465.41</b>     |

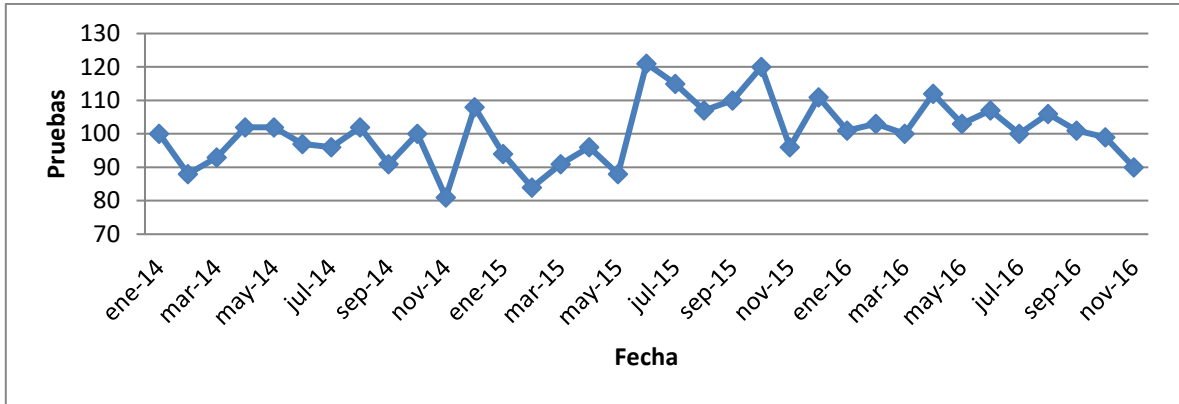
| PRONÓSTICO 2018 |               |                    |
|-----------------|---------------|--------------------|
| Fecha           | Promedio (%)  | Pronóstico mensual |
| Enero           | 8.11          | 116.58             |
| Febrero         | 6.82          | 98.13              |
| Marzo           | 9.06          | 130.25             |
| Abril           | 7.92          | 113.89             |
| Mayo            | 8.06          | 115.91             |
| Junio           | 9.28          | 133.43             |
| Julio           | 7.86          | 113.02             |
| Agosto          | 7.65          | 109.99             |
| Septiembre      | 9.54          | 137.25             |
| Octubre         | 9.40          | 135.24             |
| Noviembre       | 7.33          | 105.38             |
| Diciembre       | 8.97          | 129.06             |
| <b>Total</b>    | <b>100.00</b> | <b>1438.14</b>     |

## GH

| GH     |         |
|--------|---------|
| Fecha  | Pruebas |
| ene-14 | 100     |
| feb-14 | 88      |
| mar-14 | 93      |
| abr-14 | 102     |
| may-14 | 102     |
| jun-14 | 97      |
| jul-14 | 96      |
| ago-14 | 102     |
| sep-14 | 91      |
| oct-14 | 100     |
| nov-14 | 81      |
| dic-14 | 108     |
| ene-15 | 94      |
| feb-15 | 84      |
| mar-15 | 91      |
| abr-15 | 96      |
| may-15 | 88      |
| jun-15 | 121     |
| jul-15 | 115     |
| ago-15 | 107     |
| sep-15 | 110     |
| oct-15 | 120     |
| nov-15 | 96      |
| dic-15 | 111     |
| ene-16 | 101     |
| feb-16 | 103     |
| mar-16 | 100     |
| abr-16 | 112     |
| may-16 | 103     |
| jun-16 | 107     |
| jul-16 | 100     |
| ago-16 | 106     |
| sep-16 | 101     |
| oct-16 | 99      |
| nov-16 | 90      |

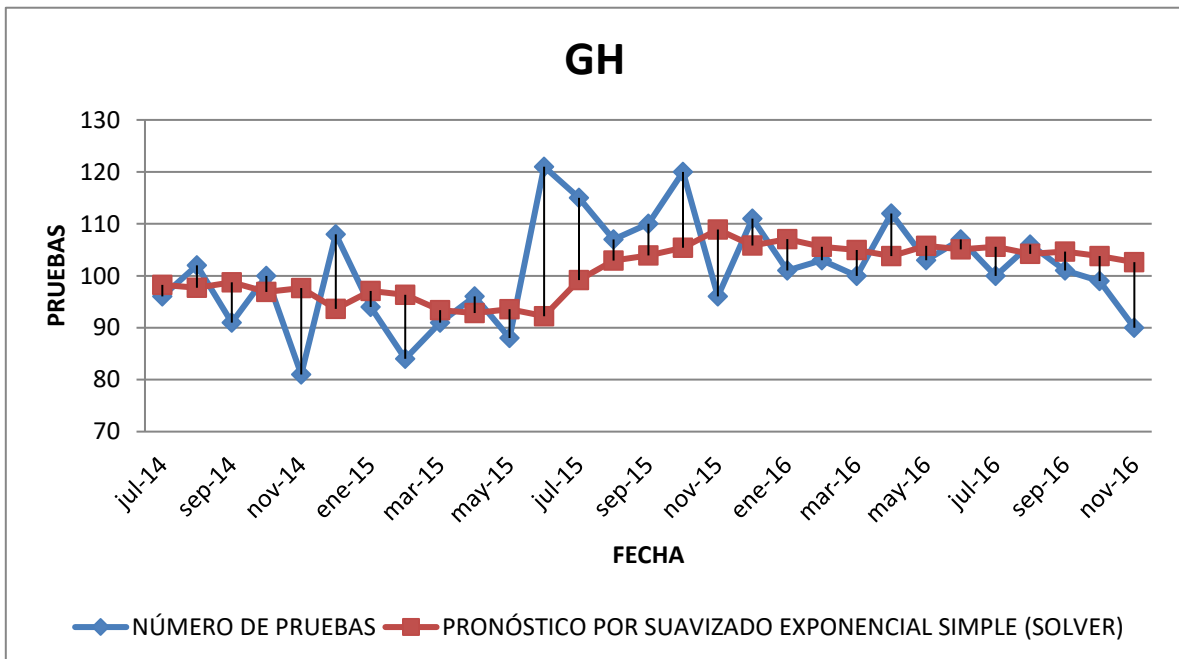
|      |        |
|------|--------|
| DE   | 9.34   |
| ME   | 100.43 |
| C.V. | 0.09   |





De acuerdo con los datos anteriores, la demanda no presenta componentes cíclicos, estacionalidad, y la tendencia es pequeña (coeficiente de variación de 0.09). Por lo que se usaran los siguientes modelos:

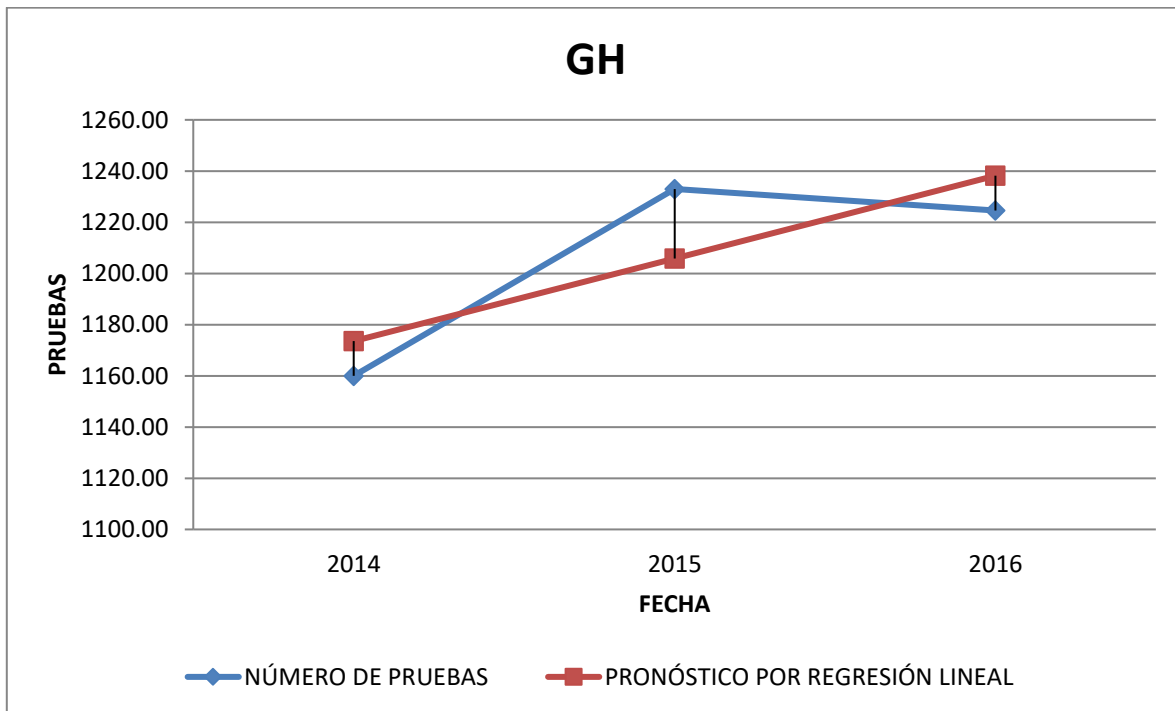
| GH   | Error en el pronóstico | MAD         | MSE          | MAPE (%)    |
|--|------------------------|-------------|--------------|-------------|
| ULTIMO DATO                                  | -0.29                  | 9.29        | 137.82       | 9.28        |
| PROMEDIO SIMPLE                              | 2.58                   | 7.29        | 95.03        | 7.13        |
| PROMEDIO MÓVIL, N=2                          | 0.05                   | 7.23        | 93.31        | 7.18        |
| PROMEDIO MÓVIL, N=3                          | 0.15                   | 7.17        | 88.81        | 7.09        |
| PROMEDIO MÓVIL, N=6                          | 0.05                   | 7.53        | 96.77        | 7.43        |
| SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$   | -0.14                  | 6.96        | 83.69        | 6.94        |
| SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$   | -0.26                  | 7.08        | 89.12        | 7.08        |
| <b>SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER)</b> | <b>-0.05</b>           | <b>7.01</b> | <b>83.37</b> | <b>6.98</b> |
|  | $\alpha=$ <b>0.24</b>  |             |              |             |



Como se puede observar, el método que menor error cuadrático medio (MSE) presenta (83.37) es el de suavizado exponencial simple.

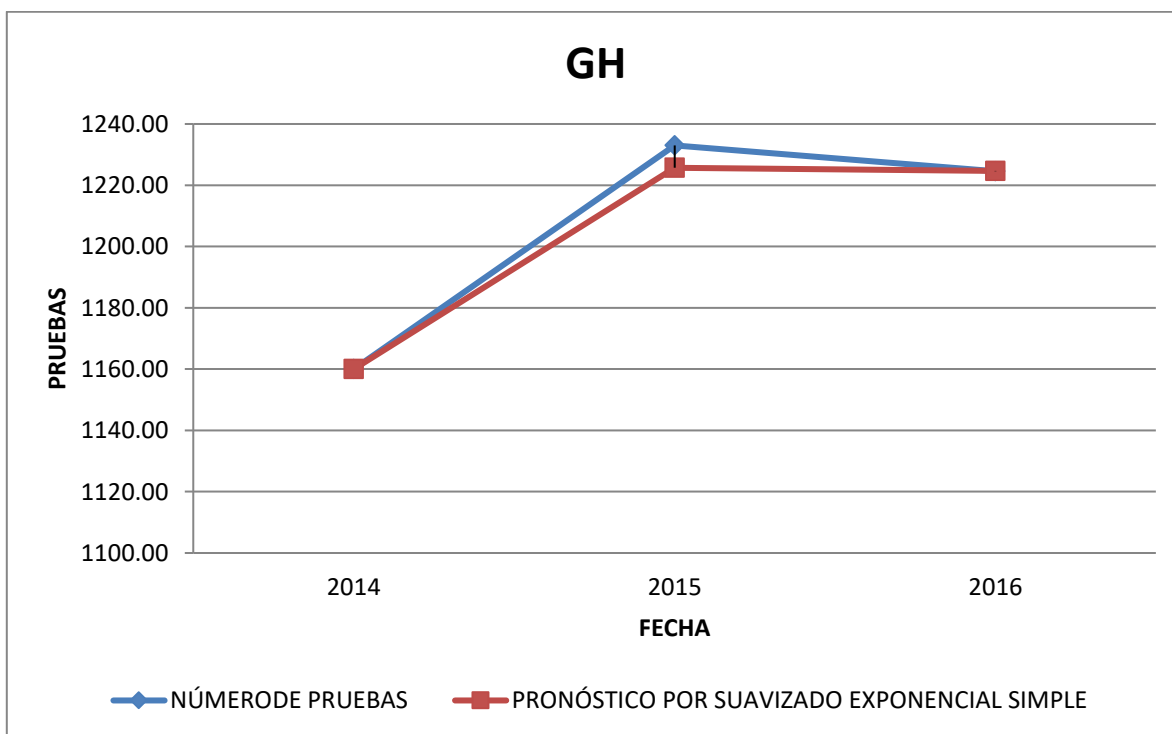
Mejorando el modelo de pronósticos para la disminución de errores:

| REGRESIÓN LINEAL |         |            |                        |       |        |          |
|------------------|---------|------------|------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha            | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| 2014             | 1160.00 | 1173.56    | -13.56                 | 13.56 | 182.63 | 1.17     |
| 2015             | 1233.00 | 1205.87    | 27.13                  | 27.13 | 738.40 | 2.20     |
| 2016             | 1224.62 | 1238.19    | -13.56                 | 13.56 | 182.63 | 1.11     |
| 2017             | 1238.19 | 1247.88    |                        |       |        |          |
| 2018             | 1247.88 | 1256.93    |                        |       |        |          |
| Promedio         |         |            | 0.00                   | 18.08 | 367.89 | 1.49     |



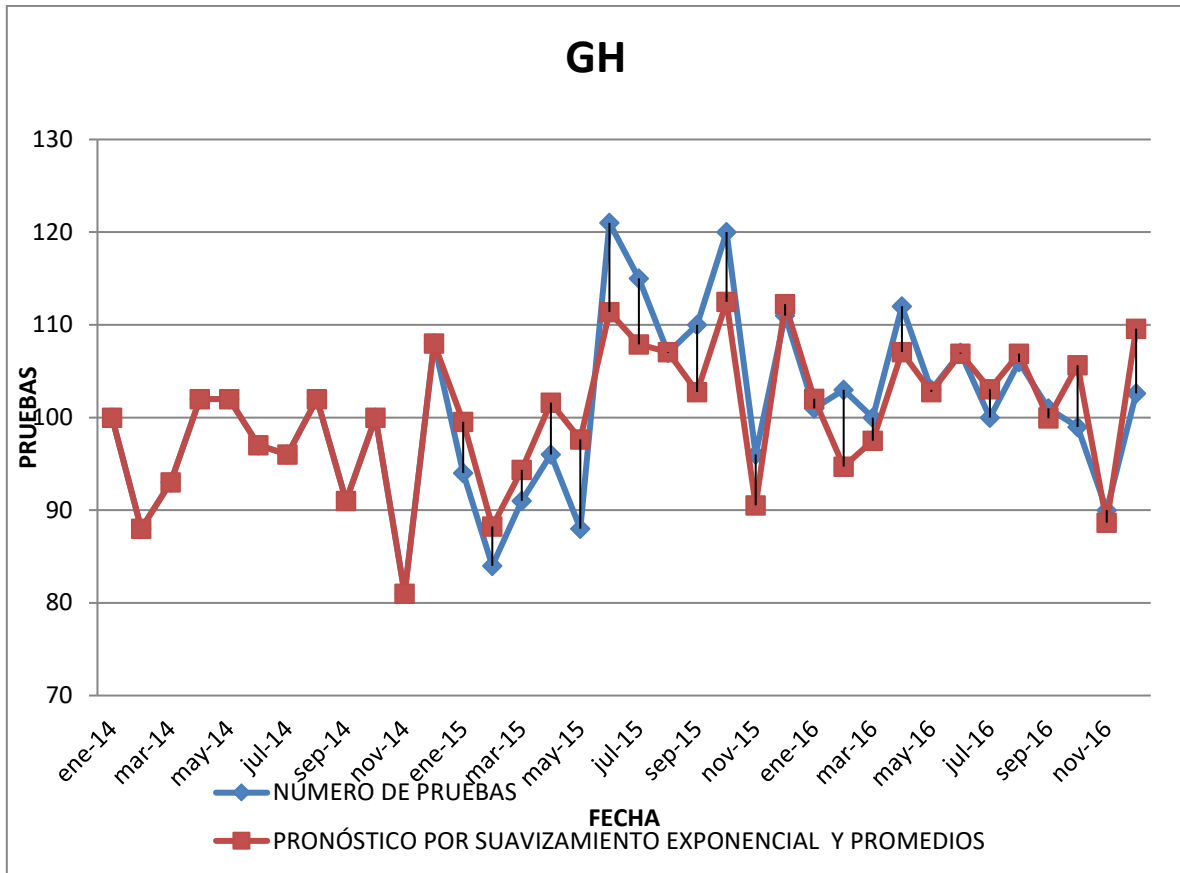
En este caso, el modelo de regresión lineal no se puede utilizar, debido a que el coeficiente de determinación es muy bajo, se utilizará el modelo de suavizamiento exponencial:

| $\alpha=$ 0.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE |         |            |                        |      |       |          |
|--|---------|------------|------------------------|------|-------|----------|
| Fecha                                      | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD  | MSE   | MAPE (%) |
| 2014                                       | 1160.00 | 1160.00    | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| 2015                                       | 1233.00 | 1225.70    | 7.30                   | 7.30 | 54.00 | 0.59     |
| 2016                                       | 1224.62 | 1224.73    | -0.11                  | 0.11 | 0.00  | 0.01     |
| 2017                                       | 1224.73 | 1224.73    |                        |      |       |          |
| 2018                                       | 1224.73 | 1224.73    |                        |      |       |          |
| Promedio                                   |         |            | 2.40                   | 2.47 | 18.00 | 0.20     |



## PRONÓSTICO POR SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL Y PROMEDIOS

| Fecha           | Pruebas | Porcentaje | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD  | MSE   | MAPE (%) |
|-----------------|---------|------------|------------|------------------------|------|-------|----------|
| ene-14          | 100     | 8.62       | 100.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| feb-14          | 88      | 7.59       | 88.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| mar-14          | 93      | 8.02       | 93.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| abr-14          | 102     | 8.79       | 102.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| may-14          | 102     | 8.79       | 102.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| jun-14          | 97      | 8.36       | 97.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| jul-14          | 96      | 8.28       | 96.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| ago-14          | 102     | 8.79       | 102.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| sep-14          | 91      | 7.84       | 91.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| oct-14          | 100     | 8.62       | 100.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| nov-14          | 81      | 6.98       | 81.00      | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| dic-14          | 108     | 9.31       | 108.00     | 0.00                   | 0.00 | 0.00  | 0.00     |
| ene-15          | 94      | 8.12       | 99.55      | -5.55                  | 5.55 | 30.84 | 5.91     |
| feb-15          | 84      | 7.20       | 88.24      | -4.24                  | 4.24 | 18.01 | 5.05     |
| mar-15          | 91      | 7.70       | 94.36      | -3.36                  | 3.36 | 11.32 | 3.70     |
| abr-15          | 96      | 8.29       | 101.60     | -5.60                  | 5.60 | 31.41 | 5.84     |
| may-15          | 88      | 7.97       | 97.63      | -9.63                  | 9.63 | 92.70 | 10.94    |
| jun-15          | 121     | 9.09       | 111.39     | 9.61                   | 9.61 | 92.38 | 7.94     |
| jul-15          | 115     | 8.80       | 107.88     | 7.12                   | 7.12 | 50.72 | 6.19     |
| ago-15          | 107     | 8.74       | 107.07     | -0.07                  | 0.07 | 0.01  | 0.07     |
| sep-15          | 110     | 8.38       | 102.75     | 7.25                   | 7.25 | 52.54 | 6.59     |
| oct-15          | 120     | 9.18       | 112.48     | 7.52                   | 7.52 | 56.60 | 6.27     |
| nov-15          | 96      | 7.38       | 90.51      | 5.49                   | 5.49 | 30.14 | 5.72     |
| dic-15          | 111     | 9.16       | 112.23     | -1.23                  | 1.23 | 1.51  | 1.11     |
| ene-16          | 101     | 8.33       | 102.02     | -1.02                  | 1.02 | 1.04  | 1.01     |
| feb-16          | 103     | 7.73       | 94.70      | 8.30                   | 8.30 | 68.93 | 8.06     |
| mar-16          | 100     | 7.96       | 97.50      | 2.50                   | 2.50 | 6.27  | 2.50     |
| abr-16          | 112     | 8.74       | 107.08     | 4.92                   | 4.92 | 24.25 | 4.40     |
| may-16          | 103     | 8.39       | 102.75     | 0.25                   | 0.25 | 0.06  | 0.24     |
| jun-16          | 107     | 8.73       | 106.91     | 0.09                   | 0.09 | 0.01  | 0.09     |
| jul-16          | 100     | 8.41       | 103.05     | -3.05                  | 3.05 | 9.32  | 3.05     |
| ago-16          | 106     | 8.73       | 106.90     | -0.90                  | 0.90 | 0.80  | 0.85     |
| sep-16          | 101     | 8.16       | 99.92      | 1.08                   | 1.08 | 1.17  | 1.07     |
| oct-16          | 99      | 8.63       | 105.66     | -6.66                  | 6.66 | 44.34 | 6.73     |
| nov-16          | 90      | 7.24       | 88.66      | 1.34                   | 1.34 | 1.81  | 1.49     |
| dic-16          | 103     | 8.95       | 109.60     | -6.98                  | 6.98 | 48.66 | 6.80     |
| <b>Promedio</b> |         |            |            | 0.20                   | 2.88 | 18.75 | 2.82     |



Debido a que el error medio cuadrático calculado con el modelo de suavizado exponencial simple (83.37), disminuye con el modelo de suavizado exponencial con promedios (18.75), el cálculo de pronósticos es el siguiente:

| 2017         |               |                    |
|--------------|---------------|--------------------|
| Fecha        | Promedio (%)  | Pronóstico mensual |
| Enero        | 8.36          | 102.36             |
| Febrero      | 7.51          | 91.93              |
| Marzo        | 7.89          | 96.66              |
| Abril        | 8.61          | 105.43             |
| Mayo         | 8.38          | 102.66             |
| Junio        | 8.73          | 106.87             |
| Julio        | 8.50          | 104.07             |
| Agosto       | 8.75          | 107.19             |
| Septiembre   | 8.13          | 99.56              |
| Octubre      | 8.81          | 107.88             |
| Noviembre    | 7.20          | 88.20              |
| Diciembre    | 9.14          | 111.92             |
| <b>Total</b> | <b>100.00</b> | <b>1224.73</b>     |

| 2018         |               |                    |
|--------------|---------------|--------------------|
| Fecha        | Promedio (%)  | Pronóstico mensual |
| Enero        | 8.36          | 102.36             |
| Febrero      | 7.51          | 91.93              |
| Marzo        | 7.89          | 96.66              |
| Abril        | 8.61          | 105.43             |
| Mayo         | 8.38          | 102.66             |
| Junio        | 8.73          | 106.87             |
| Julio        | 8.50          | 104.07             |
| Agosto       | 8.75          | 107.19             |
| Septiembre   | 8.13          | 99.56              |
| Octubre      | 8.81          | 107.88             |
| Noviembre    | 7.20          | 88.20              |
| Diciembre    | 9.14          | 111.92             |
| <b>Total</b> | <b>100.00</b> | <b>1224.73</b>     |

Los resultados (con valores redondeados) para el año 2017 y 2018 son los siguientes:

| <b>PRONÓSTICOS</b>          |                                |                                |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 2017                        | DIFENILHIDANTOINA              | FENOBARBITAL                   | CARBAMAZEPINA                  | VALPROATO                      |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 118                            | 92                             | 147                            | 171                            |
| <b>Febrero</b>              | 99                             | 73                             | 112                            | 127                            |
| <b>Marzo</b>                | 132                            | 79                             | 112                            | 143                            |
| <b>Abril</b>                | 116                            | 81                             | 127                            | 155                            |
| <b>Mayo</b>                 | 118                            | 82                             | 122                            | 159                            |
| <b>Junio</b>                | 135                            | 82                             | 129                            | 177                            |
| <b>Julio</b>                | 115                            | 88                             | 141                            | 176                            |
| <b>Agosto</b>               | 112                            | 86                             | 139                            | 165                            |
| <b>Septiembre</b>           | 139                            | 87                             | 131                            | 191                            |
| <b>Octubre</b>              | 137                            | 89                             | 145                            | 169                            |
| <b>Noviembre</b>            | 107                            | 83                             | 136                            | 161                            |
| <b>Diciembre</b>            | 131                            | 88                             | 132                            | 179                            |
| <b>Total</b>                | 1465                           | 1015                           | 1578                           | 1978                           |

| <b>PRONÓSTICOS</b>          |                                |                                |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 2017                        | T-UP TAKE                      | TIROXINA (TOT T4)              | INDICE DE TIROXINA LIBRE       | TIROXINA LIBRE (FR T4)         |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 912                            | 925                            | 922                            | 911                            |
| <b>Febrero</b>              | 725                            | 725                            | 729                            | 724                            |
| <b>Marzo</b>                | 800                            | 814                            | 800                            | 812                            |
| <b>Abril</b>                | 834                            | 833                            | 834                            | 833                            |
| <b>Mayo</b>                 | 845                            | 861                            | 858                            | 844                            |
| <b>Junio</b>                | 859                            | 858                            | 858                            | 871                            |
| <b>Julio</b>                | 956                            | 978                            | 955                            | 954                            |
| <b>Agosto</b>               | 897                            | 896                            | 910                            | 896                            |
| <b>Septiembre</b>           | 935                            | 948                            | 935                            | 947                            |
| <b>Octubre</b>              | 940                            | 940                            | 940                            | 939                            |
| <b>Noviembre</b>            | 819                            | 832                            | 832                            | 818                            |
| <b>Diciembre</b>            | 864                            | 864                            | 864                            | 876                            |
| <b>Total</b>                | 10392                          | 10480                          | 10444                          | 10432                          |

## PRONÓSTICOS

| 2017                        | TRIYODOTIRONINA (TOT T3)       | TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)    | TIROTROFINA (TSH)              | LH                             |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 911                            | 906                            | 924                            | 579                            |
| <b>Febrero</b>              | 724                            | 734                            | 738                            | 485                            |
| <b>Marzo</b>                | 812                            | 808                            | 812                            | 507                            |
| <b>Abril</b>                | 833                            | 829                            | 846                            | 563                            |
| <b>Mayo</b>                 | 844                            | 866                            | 857                            | 584                            |
| <b>Junio</b>                | 871                            | 880                            | 871                            | 553                            |
| <b>Julio</b>                | 954                            | 949                            | 968                            | 646                            |
| <b>Agosto</b>               | 896                            | 905                            | 909                            | 610                            |
| <b>Septiembre</b>           | 947                            | 942                            | 947                            | 648                            |
| <b>Octubre</b>              | 939                            | 934                            | 952                            | 657                            |
| <b>Noviembre</b>            | 818                            | 841                            | 831                            | 583                            |
| <b>Diciembre</b>            | 876                            | 879                            | 876                            | 607                            |
| <b>Total</b>                | 10432                          | 10479                          | 10536                          | 7027                           |

## PRONÓSTICOS

| 2017                        | FSH                            | ESTRADIOL                      | PROLACTINA                     | CORTISOL                       |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 572                            | 460                            | 707                            | 693                            |
| <b>Febrero</b>              | 481                            | 378                            | 560                            | 567                            |
| <b>Marzo</b>                | 526                            | 409                            | 618                            | 634                            |
| <b>Abril</b>                | 558                            | 422                            | 659                            | 689                            |
| <b>Mayo</b>                 | 569                            | 441                            | 872                            | 701                            |
| <b>Junio</b>                | 547                            | 422                            | 659                            | 658                            |
| <b>Julio</b>                | 641                            | 485                            | 731                            | 747                            |
| <b>Agosto</b>               | 602                            | 494                            | 698                            | 710                            |
| <b>Septiembre</b>           | 642                            | 462                            | 755                            | 743                            |
| <b>Octubre</b>              | 642                            | 490                            | 740                            | 734                            |
| <b>Noviembre</b>            | 576                            | 429                            | 659                            | 626                            |
| <b>Diciembre</b>            | 600                            | 435                            | 687                            | 698                            |
| <b>Total</b>                | 6962                           | 5333                           | 8349                           | 8205                           |

| <b>PRONÓSTICOS</b>          |                                |  |  |
|-----------------------------|--------------------------------|--|--|
| <b>2017</b>                 | <b>TESTOSTERONA</b>            | <b>GH</b>                                  | <b>INSULINA</b>                            |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios |
| <b>Enero</b>                | 304                            | 102  | 131  |
| <b>Febrero</b>              | 256                            | 91   | 129  |
| <b>Marzo</b>                | 281                            | 96   | 143  |
| <b>Abril</b>                | 318                            | 105  | 152  |
| <b>Mayo</b>                 | 304                            | 102  | 155  |
| <b>Junio</b>                | 297                            | 106  | 159  |
| <b>Julio</b>                | 322                            | 104  | 165  |
| <b>Agosto</b>               | 305                            | 107  | 178  |
| <b>Septiembre</b>           | 330                            | 99   | 150  |
| <b>Octubre</b>              | 298                            | 107  | 153  |
| <b>Noviembre</b>            | 280                            | 88   | 145  |
| <b>Diciembre</b>            | 320                            | 111  | 174  |
| <b>Total</b>                | 3620                           | 1224                                       | 1839                                       |

| <b>PRONÓSTICOS</b>          |  |  |  |
|-----------------------------|--|--|--|
| <b>2017</b>                 | <b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b> | <b>PSA TOTAL</b>                           | <b>ANTI-TPO</b>                            |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios         | Suavizado exponencial simple con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios |
| <b>Enero</b>                | 514                                    | 178  | 254  |
| <b>Febrero</b>              | 390                                    | 149  | 197  |
| <b>Marzo</b>                | 418                                    | 147  | 191  |
| <b>Abril</b>                | 446                                    | 173  | 198  |
| <b>Mayo</b>                 | 436                                    | 151  | 195  |
| <b>Junio</b>                | 444                                    | 153  | 199  |
| <b>Julio</b>                | 493                                    | 154  | 244  |
| <b>Agosto</b>               | 443                                    | 152  | 215  |
| <b>Septiembre</b>           | 513                                    | 149  | 205  |
| <b>Octubre</b>              | 508                                    | 137  | 214  |
| <b>Noviembre</b>            | 398                                    | 134  | 222  |
| <b>Diciembre</b>            | 439                                    | 141  | 159  |
| <b>Total</b>                | 5446                                   | 1824                                       | 2499                                       |



| <b>PRONÓSTICOS</b>          |                                |                                |                                |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>2018</b>                 | <b>DIFENILHIDAN-TOINA</b>      | <b>FENOBARBITAL</b>            | <b>CARBAMAZEPINA</b>           | <b>VALPROATO</b>               |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 116                            | 92                             | 145                            | 168                            |
| <b>Febrero</b>              | 98                             | 73                             | 111                            | 125                            |
| <b>Marzo</b>                | 130                            | 79                             | 110                            | 140                            |
| <b>Abril</b>                | 113                            | 81                             | 125                            | 152                            |
| <b>Mayo</b>                 | 115                            | 82                             | 121                            | 156                            |
| <b>Junio</b>                | 133                            | 82                             | 127                            | 174                            |
| <b>Julio</b>                | 113                            | 88                             | 139                            | 173                            |
| <b>Agosto</b>               | 109                            | 86                             | 138                            | 162                            |
| <b>Septiembre</b>           | 137                            | 87                             | 129                            | 187                            |
| <b>Octubre</b>              | 135                            | 89                             | 143                            | 166                            |
| <b>Noviembre</b>            | 105                            | 83                             | 134                            | 158                            |
| <b>Diciembre</b>            | 129                            | 88                             | 130                            | 175                            |
| <b>Total</b>                | 1465                           | 1015                           | 1557                           | 1942                           |

| <b>PRONÓSTICOS</b>          |                                |                                |                                 |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>2018</b>                 | <b>T-UPTAKE</b>                | <b>TIROXINA (TOT T4)</b>       | <b>INDICE DE TIROXINA LIBRE</b> | <b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b>  |
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios  | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 929                            | 942                            | 938                             | 927                            |
| <b>Febrero</b>              | 738                            | 738                            | 742                             | 737                            |
| <b>Marzo</b>                | 814                            | 829                            | 814                             | 827                            |
| <b>Abril</b>                | 849                            | 848                            | 849                             | 848                            |
| <b>Mayo</b>                 | 860                            | 876                            | 873                             | 859                            |
| <b>Junio</b>                | 874                            | 873                            | 874                             | 887                            |
| <b>Julio</b>                | 973                            | 995                            | 973                             | 971                            |
| <b>Agosto</b>               | 913                            | 912                            | 927                             | 912                            |
| <b>Septiembre</b>           | 952                            | 965                            | 952                             | 964                            |
| <b>Octubre</b>              | 957                            | 957                            | 957                             | 956                            |
| <b>Noviembre</b>            | 834                            | 847                            | 847                             | 833                            |
| <b>Diciembre</b>            | 880                            | 879                            | 880                             | 891                            |
| <b>Total</b>                | 10578                          | 10667                          | 10631                           | 10617                          |

## PRONÓSTICOS

| 2018                        | TRIYODOTIRONINA (TOT T3)       | TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)    | TIROTROFINA (TSH)              | LH                             |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Modelo seleccionado:</b> | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>                | 927                            | 922                            | 941                            | 593                            |
| <b>Febrero</b>              | 737                            | 747                            | 751                            | 497                            |
| <b>Marzo</b>                | 827                            | 822                            | 826                            | 520                            |
| <b>Abril</b>                | 848                            | 843                            | 861                            | 577                            |
| <b>Mayo</b>                 | 859                            | 881                            | 872                            | 599                            |
| <b>Junio</b>                | 887                            | 895                            | 886                            | 567                            |
| <b>Julio</b>                | 971                            | 965                            | 985                            | 663                            |
| <b>Agosto</b>               | 912                            | 920                            | 925                            | 626                            |
| <b>Septiembre</b>           | 964                            | 958                            | 964                            | 664                            |
| <b>Octubre</b>              | 956                            | 950                            | 969                            | 674                            |
| <b>Noviembre</b>            | 833                            | 855                            | 846                            | 598                            |
| <b>Diciembre</b>            | 891                            | 894                            | 892                            | 623                            |
| <b>Total</b>                | 10617                          | 10657                          | 10722                          | 7206                           |

## PRONÓSTICOS

| 2018              | FSH                            | ESTRADIOL                      | PROLACTINA                     | CORTISOL                       |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Modelo:</b>    | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios | Regresión lineal con promedios |
| <b>Enero</b>      | 587                            | 474                            | 727                            | 711                            |
| <b>Febrero</b>    | 492                            | 389                            | 575                            | 582                            |
| <b>Marzo</b>      | 539                            | 421                            | 635                            | 651                            |
| <b>Abril</b>      | 572                            | 434                            | 677                            | 707                            |
| <b>Mayo</b>       | 583                            | 454                            | 896                            | 719                            |
| <b>Junio</b>      | 561                            | 434                            | 677                            | 675                            |
| <b>Julio</b>      | 656                            | 499                            | 751                            | 767                            |
| <b>Agosto</b>     | 617                            | 509                            | 717                            | 729                            |
| <b>Septiembre</b> | 658                            | 476                            | 776                            | 762                            |
| <b>Octubre</b>    | 657                            | 505                            | 761                            | 753                            |
| <b>Noviembre</b>  | 591                            | 441                            | 677                            | 642                            |
| <b>Diciembre</b>  | 615                            | 447                            | 706                            | 716                            |
| <b>Total</b>      | 587                            | 5489                           | 8581                           | 8420                           |

| <b>PRONÓSTICOS</b> |                                |  |  |
|--------------------|--------------------------------|--|--|
| <b>2018</b>        | <b>TESTOSTERONA</b>            | <b>GH</b>                                  | <b>INSULINA</b>                            |
| <b>Modelo:</b>     | Regresión lineal con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios |
| <b>Enero</b>       | 310                            | 102  | 131  |
| <b>Febrero</b>     | 262                            | 91   | 129  |
| <b>Marzo</b>       | 286                            | 96   | 143  |
| <b>Abril</b>       | 324                            | 105  | 152  |
| <b>Mayo</b>        | 310                            | 102  | 155  |
| <b>Junio</b>       | 303                            | 106  | 159  |
| <b>Julio</b>       | 329                            | 104  | 165  |
| <b>Agosto</b>      | 311                            | 107  | 178  |
| <b>Septiembre</b>  | 336                            | 99   | 150  |
| <b>Octubre</b>     | 304                            | 107  | 153  |
| <b>Noviembre</b>   | 286                            | 88   | 145  |
| <b>Diciembre</b>   | 326                            | 111  | 174  |
| <b>Total</b>       | 3693                           | 1224                                       | 1839                                       |

| <b>PRONÓSTICOS</b> |  |  |  |
|--------------------|--|--|--|
| <b>2018</b>        | <b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b> | <b>PSA TOTAL</b>                           | <b>ANTI-TPO</b>                            |
| <b>Modelo:</b>     | Regresión lineal con promedios         | Suavizado exponencial simple con promedios | Suavizado exponencial simple con promedios |
| <b>Enero</b>       | 530                                    | 178  | 254  |
| <b>Febrero</b>     | 402                                    | 149  | 197  |
| <b>Marzo</b>       | 431                                    | 147  | 191  |
| <b>Abril</b>       | 460                                    | 173  | 198  |
| <b>Mayo</b>        | 449                                    | 151  | 195  |
| <b>Junio</b>       | 458                                    | 153  | 199  |
| <b>Julio</b>       | 509                                    | 154  | 244  |
| <b>Agosto</b>      | 457                                    | 152  | 215  |
| <b>Septiembre</b>  | 529                                    | 149  | 205  |
| <b>Octubre</b>     | 524                                    | 137  | 214  |
| <b>Noviembre</b>   | 410                                    | 134  | 222  |
| <b>Diciembre</b>   | 453                                    | 141  | 159  |
| <b>Total</b>       | 5618                                   | 1824                                       | 2499                                       |

## 4.2 INVENTARIOS

Para el caso del laboratorio, se utiliza el modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario. Debido a que la demanda no es constante, se requiere tener un inventario de seguridad.

Se requiere definir la probabilidad de no quedarse sin inventario durante el tiempo en el que se emite una orden de pedido hasta que este llega. Para el caso del laboratorio, se define como un nivel de inventario de 95%, lo que significa que hay una probabilidad de 95% de que la demanda no sea mayor que la oferta, de otra manera, la probabilidad de que exista faltantes es del 5%. La demanda se debe distribuir normalmente durante el tiempo de espera, por lo que se utiliza la prueba de Kolmogorov- Smirnov:

$H_0$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$H_1$ : Los datos analizados provienen de una población con la distribución de probabilidad supuesta

$$D = |F_t - F_0|$$

$F_t$ : Frecuencia esperada

$F_0$ : Frecuencia observada

Para un nivel de significancia,  $\alpha < 0.05$ , con una muestra de  $n=35$ , la diferencia máxima para una distribución normal en el test de Kolmogorov- Smirnov es de 0.22425.

Se realiza el test a todos los analitos, las diferencias resultaron ser menores al valor crítico de (.22425), por lo que la hipótesis nula de que la distribución de los datos es normal no se rechaza, con un 5% de significancia.

Se utiliza el modelo estocástico con revisión continua, sin costo por mantener el inventario:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}}$$

En donde:

$Q$ : cantidad a ordenar

$d$ : demanda promedio por unidad de tiempo

$k$ : costo de preparación cada vez que se coloca una orden

$p$ : costo por faltantes

Para la elección del punto de reorden ( $R$ ), ya que la demanda presenta una distribución normal:

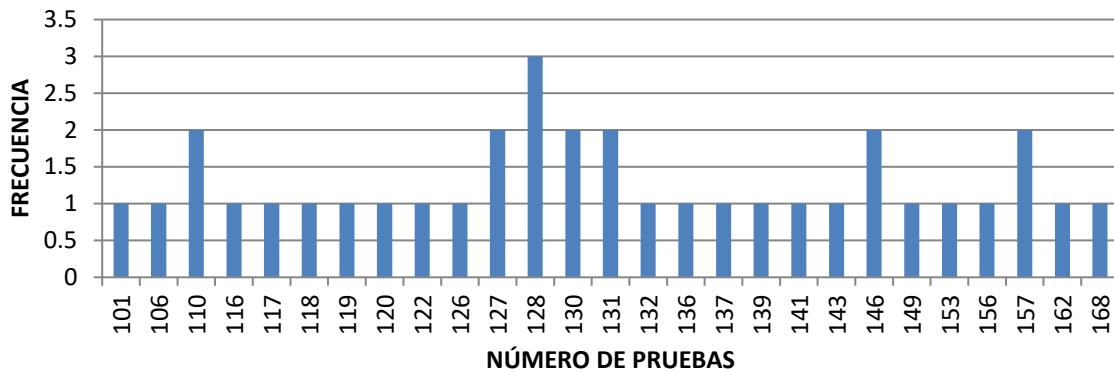
$$R = \mu + K_{1-L} \sigma$$

Inventario de seguridad:  $R - \mu = K_{1-L} \sigma$

A continuación, se muestra los cálculos realizados:

| <b>DIFENILHIDANTOINA</b> |                             |                                      |  |   |                            |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|---|----------------------------|
| <b>Datos</b>             | <b>Frecuencia observada</b> | <b>Frecuencia relativa observada</b> | <b>Frecuencia relativa acumulada observada</b> | <b>Frecuencia relativa acumulada esperada</b> | <b>Diferencia absoluta</b> |
| 101                      | 1                           | 0.029                                | 0.029  | 0.027   | 0.002                      |
| 106                      | 1                           | 0.029                                | 0.057  | 0.052   | 0.005                      |
| 110                      | 2                           | 0.057                                | 0.114  | 0.084   | 0.031                      |
| 116                      | 1                           | 0.029                                | 0.143  | 0.155   | 0.012                      |
| 117                      | 1                           | 0.029                                | 0.171  | 0.170   | 0.002                      |
| 118                      | 1                           | 0.029                                | 0.200  | 0.185   | 0.015                      |
| 119                      | 1                           | 0.029                                | 0.229  | 0.202   | 0.027                      |
| 120                      | 1                           | 0.029                                | 0.257  | 0.219   | 0.038                      |
| 122                      | 1                           | 0.029                                | 0.286  | 0.257   | 0.029                      |
| 126                      | 1                           | 0.029                                | 0.314  | 0.341   | 0.026                      |
| 127                      | 2                           | 0.057                                | 0.371  | 0.363   | 0.008                      |
| 128                      | 3                           | 0.086                                | 0.457  | 0.386   | 0.071                      |
| 130                      | 2                           | 0.057                                | 0.514  | 0.433   | 0.081                      |
| 131                      | 2                           | 0.057                                | 0.571  | 0.457   | 0.114                      |
| 132                      | 1                           | 0.029                                | 0.600  | 0.481   | 0.119                      |
| 136                      | 1                           | 0.029                                | 0.629  | 0.578   | 0.051                      |
| 137                      | 1                           | 0.029                                | 0.657  | 0.601   | 0.056                      |
| 139                      | 1                           | 0.029                                | 0.686  | 0.647   | 0.039                      |
| 141                      | 1                           | 0.029                                | 0.714  | 0.691   | 0.023                      |
| 143                      | 1                           | 0.029                                | 0.743  | 0.732   | 0.010                      |
| 146                      | 2                           | 0.057                                | 0.800  | 0.789   | 0.011                      |
| 149                      | 1                           | 0.029                                | 0.829  | 0.837   | 0.009                      |
| 153                      | 1                           | 0.029                                | 0.857  | 0.890   | 0.033                      |
| 156                      | 1                           | 0.029                                | 0.886  | 0.920   | 0.035                      |
| 157                      | 2                           | 0.057                                | 0.943  | 0.929   | 0.014                      |
| 162                      | 1                           | 0.029                                | 0.971  | 0.962   | 0.010                      |
| 168                      | 1                           | 0.029                                | 1.000  | 0.984   | 0.016                      |

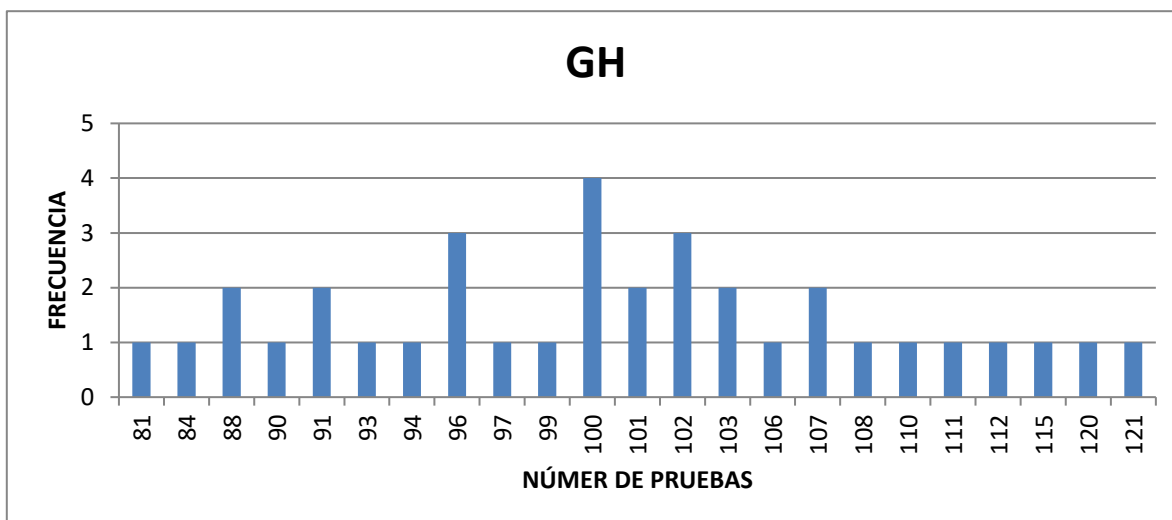
## DIFENILHIDANTOINA



|                            |         |
|----------------------------|---------|
| <b>Total</b>               | 35.000  |
| <b>Media</b>               | 132.771 |
| <b>Varianza</b>            | 272.182 |
| <b>Desviación estándar</b> | 16.498  |
| <b>Dif. Máx.</b>           | 0.119   |
| <b>Valor crítico</b>       | 0.224   |

Como la diferencia máxima observada 0.119 es menor que el valor crítico 0.224, entonces la hipótesis nula de que los datos parecen provenir de una distribución normal, con una media 132.771 y desviación estándar 16.498 no se rechaza con un 5% de significancia.

| GH    |                      |                               |   |  |                     |
|-------|----------------------|-------------------------------|---|--|---------------------|
| Datos | Frecuencia observada | Frecuencia relativa observada | Frecuencia relativa acumulada observada | Frecuencia relativa acumulada esperada | Diferencia absoluta |
| 81    | 1                    | 0.029                         | 0.029                                   | 0.019                                  | 0.010               |
| 84    | 1                    | 0.029                         | 0.057                                   | 0.039                                  | 0.018               |
| 88    | 2                    | 0.057                         | 0.114                                   | 0.092                                  | 0.023               |
| 90    | 1                    | 0.029                         | 0.143                                   | 0.132                                  | 0.011               |
| 91    | 2                    | 0.057                         | 0.200                                   | 0.156                                  | 0.044               |
| 93    | 1                    | 0.029                         | 0.229                                   | 0.213                                  | 0.015               |
| 94    | 1                    | 0.029                         | 0.257                                   | 0.246                                  | 0.012               |
| 96    | 3                    | 0.086                         | 0.343                                   | 0.318                                  | 0.025               |
| 97    | 1                    | 0.029                         | 0.371                                   | 0.357                                  | 0.015               |
| 99    | 1                    | 0.029                         | 0.400                                   | 0.439                                  | 0.039               |
| 100   | 4                    | 0.114                         | 0.514                                   | 0.482                                  | 0.033               |
| 101   | 2                    | 0.057                         | 0.571                                   | 0.524                                  | 0.047               |
| 102   | 3                    | 0.086                         | 0.657                                   | 0.567                                  | 0.090               |
| 103   | 2                    | 0.057                         | 0.714                                   | 0.608                                  | 0.106               |
| 106   | 1                    | 0.029                         | 0.743                                   | 0.725                                  | 0.018               |
| 107   | 2                    | 0.057                         | 0.800                                   | 0.759                                  | 0.041               |
| 108   | 1                    | 0.029                         | 0.829                                   | 0.791                                  | 0.037               |
| 110   | 1                    | 0.029                         | 0.857                                   | 0.847                                  | 0.010               |
| 111   | 1                    | 0.029                         | 0.886                                   | 0.871                                  | 0.015               |
| 112   | 1                    | 0.029                         | 0.914                                   | 0.892                                  | 0.022               |
| 115   | 1                    | 0.029                         | 0.943                                   | 0.941                                  | 0.002               |
| 120   | 1                    | 0.029                         | 0.971                                   | 0.982                                  | 0.011               |
| 121   | 1                    | 0.029                         | 1.000                                   | 0.986                                  | 0.014               |



|                            |         |
|----------------------------|---------|
| <b>Total</b>               | 35.000  |
| <b>Media</b>               | 100.429 |
| <b>Varianza</b>            | 87.193  |
| <b>Desviación estándar</b> | 9.338   |
| <b>Dif. Máx.</b>           | 0.106   |
| <b>Valor crítico</b>       | 0.224   |

Como la diferencia máxima observada 0.106 es menor que el valor crítico 0.224, entonces la hipótesis nula de que los datos parecen provenir de una distribución normal, con una media 100.429 y desviación estándar 9.338 no se rechaza con un 5% de significancia.

A continuación, se muestran los cálculos del modelo estocástico con revisión continua:

| <b>DIFENILHIDANTOINA</b>  |        |
|---|--------|
| Costo unitario (\$/unidad), c   | 88.78  |
| Costo anual de mantener el inventario (%por año), i                       | 0.1    |
| Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h=ic | 8.878  |
| Costo de ordenar (\$ por orden), k  | 300    |
| Demanda por unidad de tiempo, d   | 1465   |
| Número de piezas a ordenar, Q   | 314.70 |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)                              | 78.38  |

| <b>Inventario de seguridad</b> |        |
|--------------------------------|--------|
| Nivel de servicio, L           | 0.95   |
| Apéndice 5 (Hillier), $K(1-L)$ | 1.645  |
| Demanda media                  | 133    |
| Varianza                       | 16.50  |
| R                              | 159.91 |
| Inventario de seguridad        | 27     |



| <b>GH</b>   |        |
|---|--------|
| Costo unitario (\$/unidad), c   | 78     |
| Costo anual de mantener el inventario (%por año), i                       | 0.1    |
| Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h=ic | 7.8    |
| Costo de ordenar (\$ por orden), k  | 300    |
| Demanda por unidad de tiempo, d   | 1225   |
| Número de piezas a ordenar, Q   | 306.94 |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días)                              | 91.47  |

| <b>Inventario de seguridad</b> |        |
|--------------------------------|--------|
| Nivel de servicio, L           | 0.95   |
| Apéndice 5 (Hillier), K(1-L)   | 1.645  |
| Demanda media                  | 100    |
| Varianza                       | 9.34   |
| R                              | 115.79 |
| Inventario de seguridad        | 15     |

Los resultados, los cuales fueron redondeados a números enteros son los siguientes:

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>DIFENILHIDANTOINA</b> | <b>FENOBARBITAL</b> | <b>CARBAMAZEPINA</b> | <b>VALPROATO</b> |
|--|--------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 314                      | 261                 | 326                  | 326              |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 78                       | 94                  | 75                   | 75               |
| Inventario de seguridad                      | 27                       | 23                  | 23                   | 23               |

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>T-UPTAKE</b> | <b>TIROXINA (TOT T4)</b> | <b>INDICE DE TIRXONA LIBRE</b> | <b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b> |
|--|-----------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 1068            | 1068                     | 757                            | 757                           |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 1068            | 37                       | 26                             | 26                            |
| Inventario de seguridad                      | 132             | 132                      | 131                            | 132                           |

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>TRIIYODOTIRONIN A (TOT T3)</b> | <b>TRIIYODOTIRONIN A LIBRE (FT3)</b> | <b>TIROTROFIN A (TSH)</b> | <b>LH</b> |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 757                               | 757                                  | 1076                      | 797       |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 26                                | 26                                   | 37                        | 41        |
| Inventario de seguridad                      | 133                               | 133                                  | 132                       | 106       |

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>FSH</b> | <b>ESTRADIOL</b> | <b>PROLACTINA</b> | <b>CORTISOL</b> |
|--|------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 793        | 573              | 705               | 794             |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 793        | 39               | 30                | 35              |
| Inventario de seguridad                      | 103        | 84               | 142               | 165             |

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>TESTOSTERONA</b> | <b>GH</b> | <b>INSULINA</b> |
|--|---------------------|-----------|-----------------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 472                 | 306       | 376             |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 47                  | 91        | 74              |
| Inventario de seguridad                      | 60                  | 15        | 45              |

| <b>INVENTARIOS</b>                           | <b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b> | <b>PSA TOTAL</b> | <b>ANTI-TPO</b> |
|--|--|------------------|-----------------|
| Número de piezas a ordenar, Q                | 232                                    | 374              | 524             |
| Longitud del ciclo de inventario: Q/D (días) | 15                                     | 74               | 76              |
| Inventario de seguridad                      | 95                                     | 42               | 142             |

De acuerdo a los resultados obtenidos, tomando en cuenta que los pedidos deben realizarse cuando el nivel mínimo sea el inventario de seguridad, se puede calendarizar de la siguiente manera: en la columna de nivel se muestra la demanda acumulada (proveniente de los pronósticos), se realiza la revisión continua y cuando el nivel de inventario es el del inventarios de seguridad se genera en ese mes un pedido, los resultados se muestran a continuación:

| 2018                              | DIFENILHIDANTOINA |        | FENOBARBITAL |        | CARBAMAZEPINA |        |
|-----------------------------------|-------------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|
|                                   | Nivel             | Pedido | Nivel        | Pedido | Nivel         | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 400               | 0      | 300          | 0      | 400           | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 30                | 0      | 30           | 0      | 30            | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 116               | 400    | 92           | 300    | 145           | 400    |
| <b>Febrero</b>                    | 214               | 0      | 165          | 0      | 256           | 0      |
| <b>Marzo</b>                      | 344               | 0      | 244          | 0      | 366           | 0      |
| <b>Abril</b>                      | 457               | 400    | 325          | 300    | 491           | 400    |
| <b>Mayo</b>                       | 572               | 0      | 407          | 0      | 612           | 0      |
| <b>Junio</b>                      | 705               | 0      | 489          | 0      | 739           | 0      |
| <b>Julio</b>                      | 818               | 400    | 577          | 300    | 878           | 400    |
| <b>Agosto</b>                     | 927               | 0      | 663          | 0      | 1016          | 0      |
| <b>Septiembre</b>                 | 1064              | 0      | 750          | 0      | 1145          | 0      |
| <b>Octubre</b>                    | 1199              | 400    | 839          | 0      | 1288          | 400    |
| <b>Noviembre</b>                  | 1304              | 0      | 922          | 300    | 1422          | 0      |
| <b>Diciembre</b>                  | 1433              | 0      | 1010         | 0      | 1552          | 0      |
| <b>TOTAL</b>                      |                   | 1600   |              | 1200   |               | 1600   |

| 2018                              | VALPROATO |        | T-UP TAKE |        | TIROXINA ( TOT T4) |        |
|-----------------------------------|-----------|--------|-----------|--------|--------------------|--------|
|                                   | Nivel     | Pedido | Nivel     | Pedido | Nivel              | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 400       | 0      | 1200      | 0      | 1200               | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 30        | 0      | 140       | 0      | 140                | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 168       | 400    | 929       | 1200   | 942                | 1200   |
| <b>Febrero</b>                    | 293       | 0      | 1667      | 1200   | 1680               | 1200   |
| <b>Marzo</b>                      | 433       | 400    | 2481      | 1200   | 2509               | 1200   |
| <b>Abril</b>                      | 585       | 0      | 3330      | 0      | 3357               | 0      |
| <b>Mayo</b>                       | 741       | 0      | 4190      | 1200   | 4233               | 1200   |
| <b>Junio</b>                      | 915       | 400    | 5064      | 1200   | 5106               | 1200   |
| <b>Julio</b>                      | 1088      | 0      | 6037      | 1200   | 6101               | 1200   |
| <b>Agosto</b>                     | 1250      | 400    | 6950      | 0      | 7013               | 0      |
| <b>Septiembre</b>                 | 1437      | 0      | 7902      | 1200   | 7978               | 1200   |
| <b>Octubre</b>                    | 1603      | 400    | 8859      | 1200   | 8935               | 1200   |
| <b>Noviembre</b>                  | 1761      | 0      | 9693      | 1200   | 9782               | 1200   |
| <b>Diciembre</b>                  | 1936      | 0      | 10573     | 0      | 10661              | 1200   |
| <b>TOTAL</b>                      |           | 2000   |           | 10800  |                    | 12000  |

| 2018                       | INDICE DE TIRXONA LIBRE |        | TIROXINA LIBRE (FR T4) |        | TRIYODOTIRONINA (TOT T3) |        |
|----------------------------|-------------------------|--------|------------------------|--------|--------------------------|--------|
|                            | Nivel                   | Pedido | Nivel                  | Pedido | Nivel                    | Pedido |
| Número de piezas a ordenar | 900                     | 0      | 900                    | 0      | 900                      | 0      |
| Inventario de seguridad    | 140                     | 0      | 140                    | 0      | 140                      | 0      |
| Enero                      | 938                     | 900    | 927                    | 900    | 927                      | 900    |
| Febrero                    | 1680                    | 900    | 1664                   | 900    | 1664                     | 900    |
| Marzo                      | 2494                    | 900    | 2491                   | 900    | 2491                     | 900    |
| Abril                      | 3343                    | 900    | 3339                   | 900    | 3339                     | 900    |
| Mayo                       | 4216                    | 900    | 4198                   | 900    | 4198                     | 900    |
| Junio                      | 5090                    | 900    | 5085                   | 900    | 5085                     | 900    |
| Julio                      | 6063                    | 900    | 6056                   | 900    | 6056                     | 900    |
| Agosto                     | 6990                    | 900    | 6968                   | 900    | 6968                     | 900    |
| Septiembre                 | 7942                    | 900    | 7932                   | 900    | 7932                     | 900    |
| Octubre                    | 8899                    | 900    | 8888                   | 900    | 8888                     | 900    |
| Noviembre                  | 9746                    | 900    | 9721                   | 900    | 9721                     | 900    |
| Diciembre                  | 10626                   | 900    | 10612                  | 900    | 10612                    | 900    |
| <b>TOTAL</b>               |                         | 10800  |                        | 10800  |                          | 10800  |

| 2018                       | TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3) |        | TIROTROFINA (TSH) |        | LH    |        |
|----------------------------|-----------------------------|--------|-------------------|--------|-------|--------|
|                            | Nivel                       | Pedido | Nivel             | Pedido | Nivel | Pedido |
| Número de piezas a ordenar | 900                         | 0      | 1300              | 0      | 1000  | 0      |
| Inventario de seguridad    | 140                         | 0      | 140               | 0      | 110   | 0      |
| Enero                      | 922                         | 900    | 941               | 1300   | 593   | 1000   |
| Febrero                    | 1669                        | 900    | 1692              | 1300   | 1090  | 1000   |
| Marzo                      | 2491                        | 900    | 2518              | 1300   | 1610  | 0      |
| Abril                      | 3334                        | 900    | 3379              | 0      | 2187  | 1000   |
| Mayo                       | 4215                        | 900    | 4251              | 1300   | 2786  | 0      |
| Junio                      | 5110                        | 900    | 5137              | 1300   | 3353  | 1000   |
| Julio                      | 6075                        | 900    | 6122              | 0      | 4016  | 1000   |
| Agosto                     | 6995                        | 900    | 7047              | 1300   | 4642  | 0      |
| Septiembre                 | 7953                        | 900    | 8011              | 1300   | 5306  | 1000   |
| Octubre                    | 8903                        | 900    | 8980              | 1300   | 5980  | 1000   |
| Noviembre                  | 9758                        | 900    | 9826              | 0      | 6578  | 0      |
| Diciembre                  | 10652                       | 900    | 10718             | 1300   | 7201  | 1000   |
| <b>TOTAL</b>               |                             | 10800  |                   | 11700  |       | 8000   |

| 2018                              | FSH   |        | ESTRADIOL |        | PROLACTINA |        |
|-----------------------------------|-------|--------|-----------|--------|------------|--------|
|                                   | Nivel | Pedido | Nivel     | Pedido | Nivel      | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 900   | 0      | 700       | 0      | 900        | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 110   | 0      | 90        | 0      | 150        | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 587   | 900    | 474       | 700    | 727        | 900    |
| <b>Febrero</b>                    | 1079  | 900    | 863       | 700    | 1302       | 900    |
| <b>Marzo</b>                      | 1618  | 0      | 1284      | 0      | 1937       | 900    |
| <b>Abril</b>                      | 2190  | 900    | 1718      | 700    | 2614       | 900    |
| <b>Mayo</b>                       | 2773  | 900    | 2172      | 700    | 3510       | 900    |
| <b>Junio</b>                      | 3334  | 0      | 2606      | 0      | 4187       | 0      |
| <b>Julio</b>                      | 3990  | 900    | 3105      | 700    | 4938       | 900    |
| <b>Agosto</b>                     | 4607  | 900    | 3614      | 700    | 5655       | 900    |
| <b>Septiembre</b>                 | 5265  | 0      | 4090      | 0      | 6431       | 900    |
| <b>Octubre</b>                    | 5922  | 900    | 4595      | 700    | 7192       | 900    |
| <b>Noviembre</b>                  | 6513  | 900    | 5036      | 700    | 7869       | 0      |
| <b>Diciembre</b>                  | 7128  | 900    | 5483      | 0      | 8575       | 900    |
| <b>TOTAL</b>                      |       | 8100   |           | 5600   |            | 9000   |

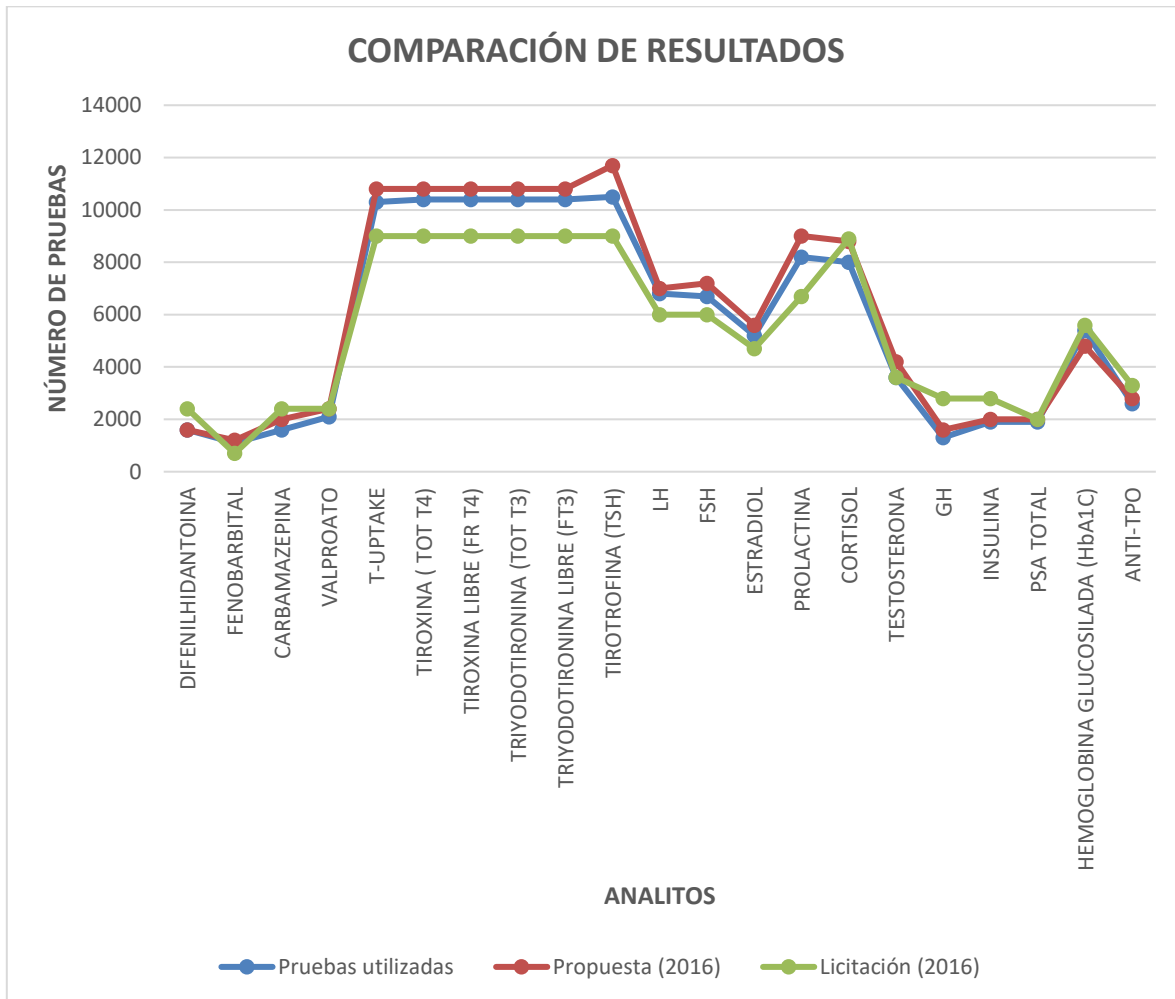
| 2018                              | CORTISOL |        | TESTOSTERONA |        | GH    |        |
|-----------------------------------|----------|--------|--------------|--------|-------|--------|
|                                   | Nivel    | Pedido | Nivel        | Pedido | Nivel | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 800      | 0      | 600          | 0      | 400   | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 170      | 0      | 60           | 0      | 20    | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 711      | 800    | 310          | 600    | 102   | 400    |
| <b>Febrero</b>                    | 1293     | 800    | 572          | 600    | 193   | 0      |
| <b>Marzo</b>                      | 1944     | 800    | 858          | 0      | 289   | 0      |
| <b>Abril</b>                      | 2651     | 800    | 1182         | 600    | 394   | 400    |
| <b>Mayo</b>                       | 3370     | 800    | 1492         | 0      | 496   | 0      |
| <b>Junio</b>                      | 4045     | 800    | 1795         | 600    | 602   | 0      |
| <b>Julio</b>                      | 4812     | 800    | 2124         | 0      | 706   | 0      |
| <b>Agosto</b>                     | 5541     | 800    | 2435         | 600    | 813   | 400    |
| <b>Septiembre</b>                 | 6303     | 800    | 2771         | 0      | 912   | 0      |
| <b>Octubre</b>                    | 7056     | 800    | 3075         | 600    | 1019  | 0      |
| <b>Noviembre</b>                  | 7698     | 0      | 3361         | 0      | 1107  | 0      |
| <b>Diciembre</b>                  | 8414     | 800    | 3687         | 600    | 1218  | 400    |
| <b>TOTAL</b>                      |          | 8800   |              | 4200   |       | 1600   |

| 2018                              | INSULINA |        | HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C) |        | PSA TOTAL |        |
|-----------------------------------|----------|--------|---------------------------------|--------|-----------|--------|
|                                   | Nivel    | Pedido | Nivel                           | Pedido | Nivel     | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 500      | 0      | 400                             | 0      | 500       | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 50       | 0      | 100                             | 0      | 50        | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 131      | 500    | 530                             | 400    | 178       | 500    |
| <b>Febrero</b>                    | 260      | 0      | 932                             | 400    | 327       | 0      |
| <b>Marzo</b>                      | 403      | 0      | 1363                            | 400    | 474       | 500    |
| <b>Abril</b>                      | 555      | 500    | 1823                            | 400    | 647       | 0      |
| <b>Mayo</b>                       | 710      | 0      | 2272                            | 400    | 798       | 0      |
| <b>Junio</b>                      | 869      | 0      | 2730                            | 400    | 951       | 500    |
| <b>Julio</b>                      | 1034     | 500    | 3239                            | 400    | 1105      | 0      |
| <b>Agosto</b>                     | 1212     | 0      | 3696                            | 400    | 1257      | 0      |
| <b>Septiembre</b>                 | 1362     | 0      | 4225                            | 400    | 1406      | 0      |
| <b>Octubre</b>                    | 1515     | 500    | 4749                            | 400    | 1543      | 500    |
| <b>Noviembre</b>                  | 1660     | 0      | 5159                            | 400    | 1677      | 0      |
| <b>Diciembre</b>                  | 1834     | 0      | 5612                            | 400    | 1818      | 0      |
| <b>TOTAL</b>                      |          | 2000   |                                 | 4800   |           | 2000   |

| 2018                                     | ANTI-TPO |        |
|--|----------|--------|
|  | Nivel    | Pedido |
| <b>Número óptimo de piezas a ordenar</b> | 700      | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>           | 150      | 0      |
| <b>Enero</b>                             | 254      | 700    |
| <b>Febrero</b>                           | 451      | 0      |
| <b>Marzo</b>                             | 642      | 700    |
| <b>Abril</b>                             | 840      | 0      |
| <b>Mayo</b>                              | 1035     | 0      |
| <b>Junio</b>                             | 1234     | 0      |
| <b>Julio</b>                             | 1478     | 700    |
| <b>Agosto</b>                            | 1693     | 0      |
| <b>Septiembre</b>                        | 1898     | 0      |
| <b>Octubre</b>                           | 2112     | 700    |
| <b>Noviembre</b>                         | 2334     | 0      |
| <b>Diciembre</b>                         | 2493     | 0      |
| <b>TOTAL</b>                             |          | 2800   |

De acuerdo a la información del laboratorio, se tiene los datos de las pruebas reales del 2016, por lo que se usará ese año para comparar el funcionamiento del modelo propuesto:

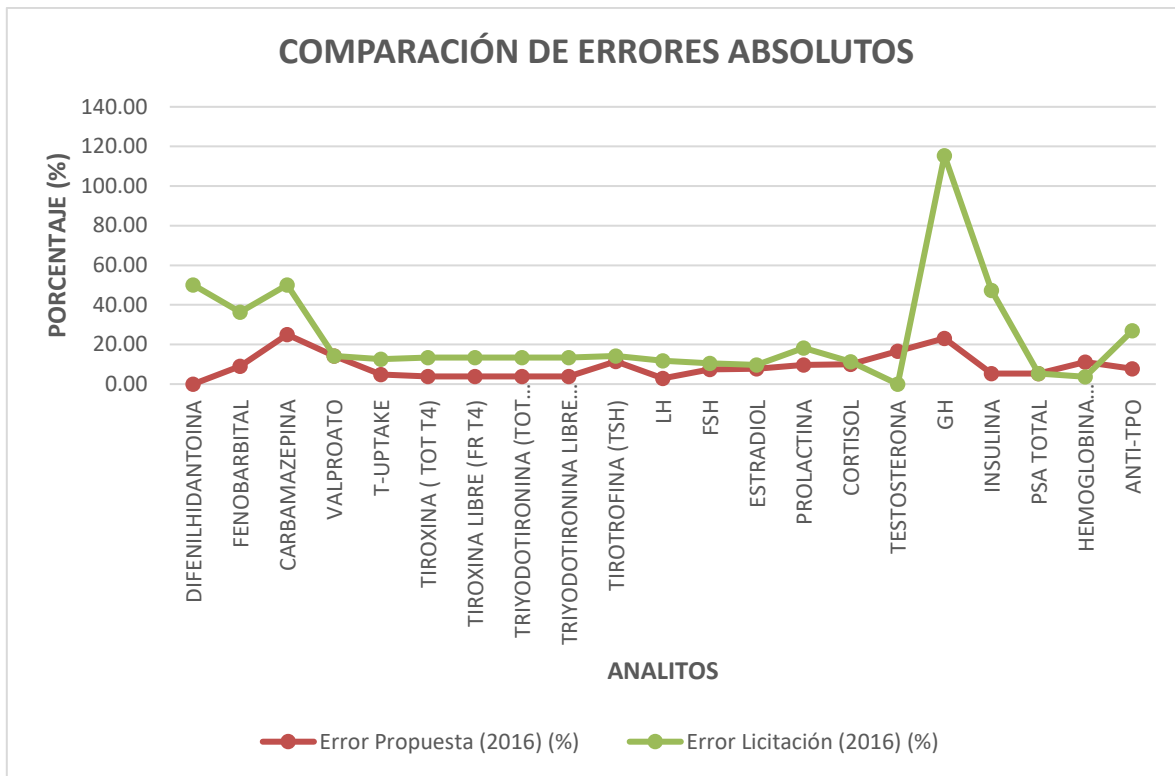
| <b>2016</b>                     | <b>Pruebas utilizadas</b> | <b>Propuesta (2016)</b> | <b>Licitación (2016)</b> |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| DIFENILHIDANTOINA               | 1600                      | 1600                    | 2400                     |
| FENOBARBITAL                    | 1100                      | 1200                    | 700                      |
| CARBAMAZEPINA                   | 1600                      | 2000                    | 2400                     |
| VALPROATO                       | 2100                      | 2400                    | 2400                     |
| T-UPTAKE                        | 10300                     | 10800                   | 9000                     |
| TIROXINA ( TOT T4)              | 10400                     | 10800                   | 9000                     |
| TIROXINA LIBRE (FR T4)          | 10400                     | 10800                   | 9000                     |
| TRIYODOTIRONINA (TOT T3)        | 10400                     | 10800                   | 9000                     |
| TRIYODOTIRONINA LIBRE (FT3)     | 10400                     | 10800                   | 9000                     |
| TIROTROFINA (TSH)               | 10500                     | 11700                   | 9000                     |
| LH                              | 6800                      | 7000                    | 6000                     |
| FSH                             | 6700                      | 7200                    | 6000                     |
| ESTRADIOL                       | 5200                      | 5600                    | 4700                     |
| PROLACTINA                      | 8200                      | 9000                    | 6700                     |
| CORTISOL                        | 8000                      | 8800                    | 8900                     |
| TESTOSTERONA                    | 3600                      | 4200                    | 3600                     |
| GH                              | 1300                      | 1600                    | 2800                     |
| INSULINA                        | 1900                      | 2000                    | 2800                     |
| PSA TOTAL                       | 1900                      | 2000                    | 2000                     |
| HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C) | 5400                      | 4800                    | 5600                     |
| ANTI-TPO                        | 2600                      | 2800                    | 3300                     |



Cómo se puede observar en la gráfica, se comparan los datos reales, con las pruebas que se piden en la licitación y el modelo propuesto. Este último es una buena aproximación de los datos reales, a continuación, se presenta una comparación de los errores absolutos:



| <b>2016</b>                     | <b>Pruebas utilizadas</b> | <b>Error Propuesta (2016) (%)</b> | <b>Error Licitación (2016) (%)</b> |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| DIFENILHIDANTOINA               | 1600                      | 0.00                              | 50.00                              |
| FENOBARBITAL                    | 1100                      | 9.09                              | 36.36                              |
| CARBAMAZEPINA                   | 1600                      | 25.00                             | 50.00                              |
| VALPROATO                       | 2100                      | 14.29                             | 14.29                              |
| T-UPTAKE                        | 10300                     | 4.85                              | 12.62                              |
| TIROXINA ( TOT T4)              | 10400                     | 3.85                              | 13.46                              |
| TIROXINA LIBRE (FR T4)          | 10400                     | 3.85                              | 13.46                              |
| TRİYODOTIRONINA (TOT T3)        | 10400                     | 3.85                              | 13.46                              |
| TRİYODOTIRONINA LIBRE (FT3)     | 10400                     | 3.85                              | 13.46                              |
| TIROTROFINA (TSH)               | 10500                     | 11.43                             | 14.29                              |
| LH                              | 6800                      | 2.94                              | 11.76                              |
| FSH                             | 6700                      | 7.46                              | 10.45                              |
| ESTRADIOL                       | 5200                      | 7.69                              | 9.62                               |
| PROLACTINA                      | 8200                      | 9.76                              | 18.29                              |
| CORTISOL                        | 8000                      | 10.00                             | 11.25                              |
| TESTOSTERONA                    | 3600                      | 16.67                             | 0.00                               |
| GH                              | 1300                      | 23.08                             | 115.38                             |
| INSULINA                        | 1900                      | 5.26                              | 47.37                              |
| PSA TOTAL                       | 1900                      | 5.26                              | 5.26                               |
| HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C) | 5400                      | 11.11                             | 3.70                               |
| ANTI-TPO                        | 2600                      | 7.69                              | 26.92                              |



Los errores presentados en el modelo propuesto son menores al modelo usado por el laboratorio para solicitar insumos.

De acuerdo a los cálculos mostrados anteriormente, se presentan los resultados obtenidos del modelo de propuesta del 2018 comparada con la licitación de este mismo año:

| <b>2018</b>                            | <b>Licitación</b> | <b>Propuesta</b> |
|--|-------------------|------------------|
| <b>DIFENILHIDANTOINA</b>               | 24                | 16               |
| <b>FENOBARBITAL</b>                    | 7                 | 12               |
| <b>CARBAMAZEPINA</b>                   | 24                | 16               |
| <b>VALPROATO</b>                       | 24                | 20               |
| <b>T-UPTAKE</b>                        | 90                | 108              |
| <b>TIROXINA ( TOT T4)</b>              | 90                | 120              |
| <b>TIROXINA LIBRE (FR T4)</b>          | 90                | 108              |
| <b>TRİYODOTIRONINA (TOT T3)</b>        | 90                | 108              |
| <b>TRİYODOTIRONINA LIBRE (FT3)</b>     | 90                | 108              |
| <b>TIROTROFINA (TSH)</b>               | 90                | 117              |
| <b>LH</b>                              | 60                | 80               |
| <b>FSH</b>                             | 60                | 81               |
| <b>ESTRADIOL</b>                       | 47                | 56               |
| <b>PROLACTINA</b>                      | 67                | 90               |
| <b>CORTISOL</b>                        | 89                | 88               |
| <b>TESTOSTERONA</b>                    | 36                | 42               |
| <b>GH</b>                              | 28                | 16               |
| <b>INSULINA</b>                        | 28                | 20               |
| <b>PSA TOTAL</b>                       | 20                | 20               |
| <b>HEMOGLOBINA GLUCOSILADA (HbA1C)</b> | 14                | 12               |
| <b>ANTI-TPO</b>                        | 33                | 28               |

## **4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO.**

Como resultado del análisis y la investigación desarrollada en este trabajo, se realizó un procedimiento para la elaboración de una política de inventarios, mismo que se presenta a continuación:

### **TABLA DE CONTENIDO**

- 1. OBJETIVO.**
- 2. ALCANCE.**
- 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.**
- 4. POLÍTICAS.**
- 5. RESPONSABILIDADES.**
- 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.**
  - 6.1 DESBLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO.**
  - 6.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE LA HOJA DE CÁLCULO.**
  - 6.3 ACTUALIZACIÓN DE GRÁFICAS.**
  - 6.4 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE PRONÓSTICOS.**
  - 6.5 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE INVENTARIOS**
  
  - 6.6 CALENDARIZACIÓN DE PEDIDOS**
  - 6.7 BLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO**
- 7. REGISTROS.**
- 8. REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍA.**

#### **1. OBJETIVO.**

Realizar los cálculos necesarios para el pronóstico de la demanda e inventarios a utilizar.

#### **2. ALCANCE.**

Aplica a toda la información que se genera y documenta del Sistema de Gestión de Calidad del área de hormonas y niveles séricos del Laboratorio de Análisis clínico para la realización de este procedimiento.

### 3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.

**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

### 4. POLÍTICAS.

N/A

### 5. RESPONSABILIDADES.

Es responsabilidad del Responsable de Calidad:

- Verificar que la información se genere adecuadamente.
- Actualizar la información necesaria.
- Analizar la información generada.
- Realizar los cálculos de acuerdo a este procedimiento.

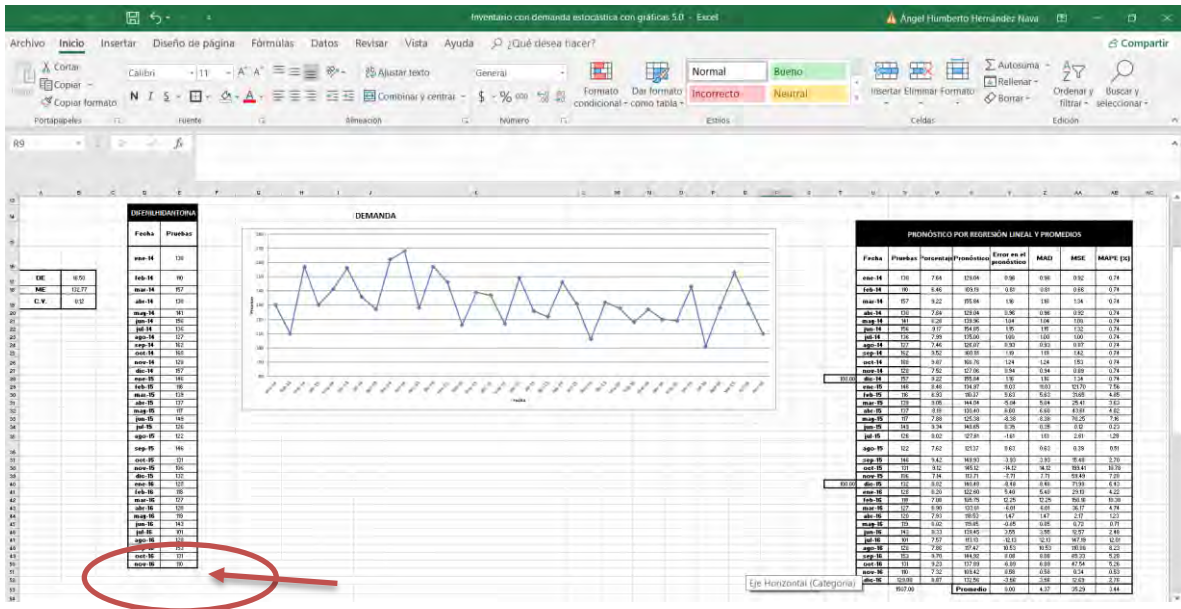
### 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

#### 6.1 DESBLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO.

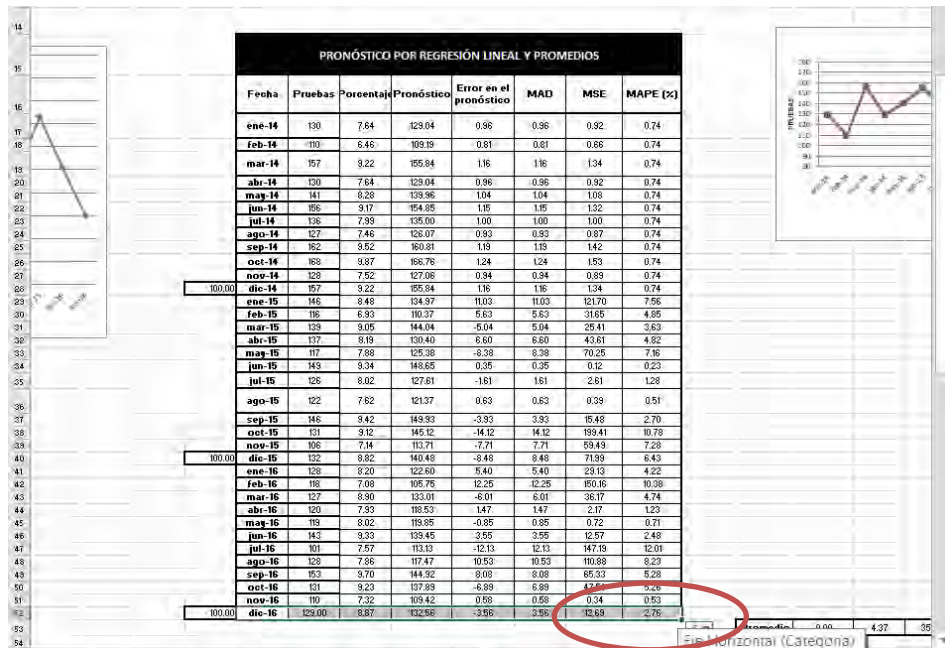
6.1.1 Desbloquear la hoja de cálculo de acuerdo al PRO-XX-XX. Procedimiento de validación de hojas de cálculo en la sección 6.2.

#### 6.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS DE LA HOJA DE CÁLCULO.

6.2.1 En la tabla donde se mencionan la fecha y el número de pruebas, se debe actualizar en la parte inferior los datos mensuales para cada analito:



6.2.2. En la tabla de “pronóstico por regresión lineal y promedios”, colocarse en la parte inferior, seleccionar la última fila de datos, colocar el puntero en la parte inferior derecha hasta que aparezca una cruz, después arrastras las formulas tantas filas hacia abajo como datos se ingresaron.



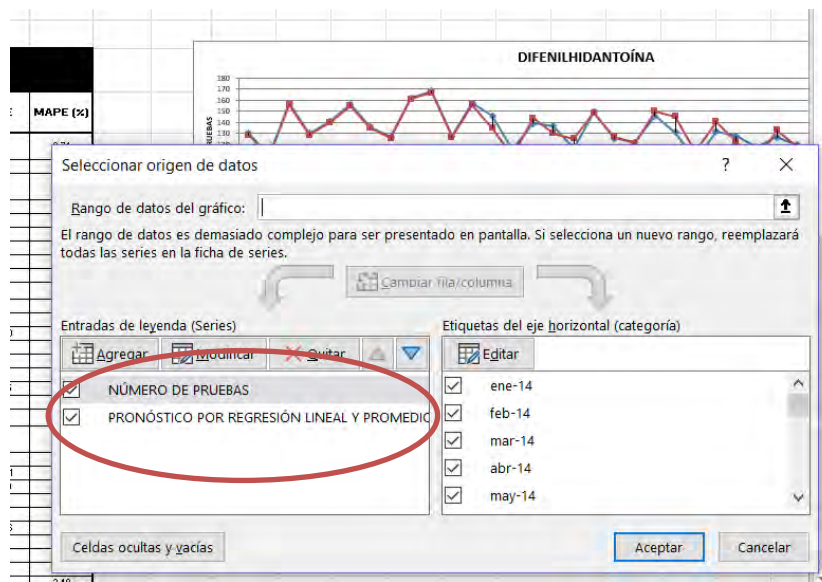
6.2.3. Repetir la misma acción en la tabla de Regresión lineal:

|   | AX                       | AY      | AZ         | BA                     | BB    | BC     | BD       | BE |
|---|--------------------------|---------|------------|------------------------|-------|--------|----------|----|
|   | <b>DIFENILHIDANTOINA</b> |         |            |                        |       |        |          |    |
|   | <b>REGRESIÓN LINEAL</b>  |         |            |                        |       |        |          |    |
|   | Fecha                    | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |    |
| 1 | 2014                     | 1702.00 | 1689.47    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.74     | 1  |
| 2 | 2015                     | 1567.00 | 1592.06    | -25.06                 | 25.06 | 537.40 | 1.60     | 1  |
| 3 | 2016                     | 1507.17 | 1494.64    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.83     | 1  |
| 4 |                          |         |            |                        |       |        |          | 1  |
| 5 |                          |         |            |                        |       |        |          | 1  |

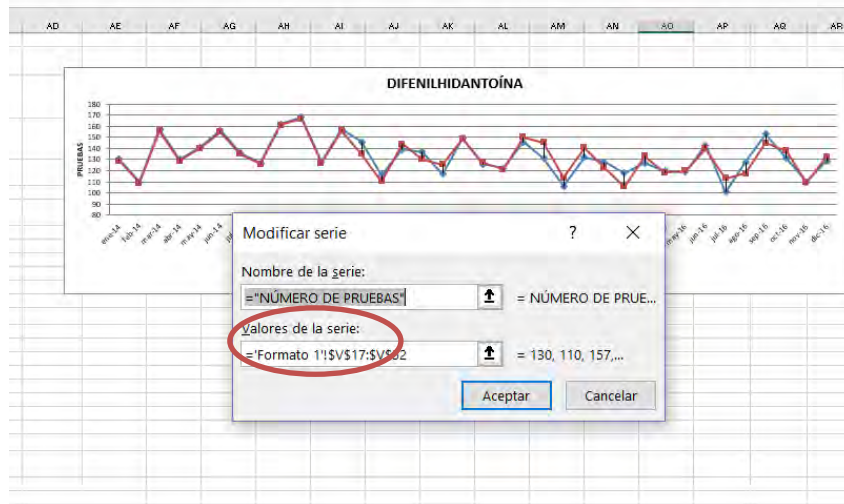
### 6.3 ACTUALIZACIÓN DE GRÁFICAS.

6.3.1 Después de actualizar los datos, en las gráficas dar click derecho, seleccionar datos.

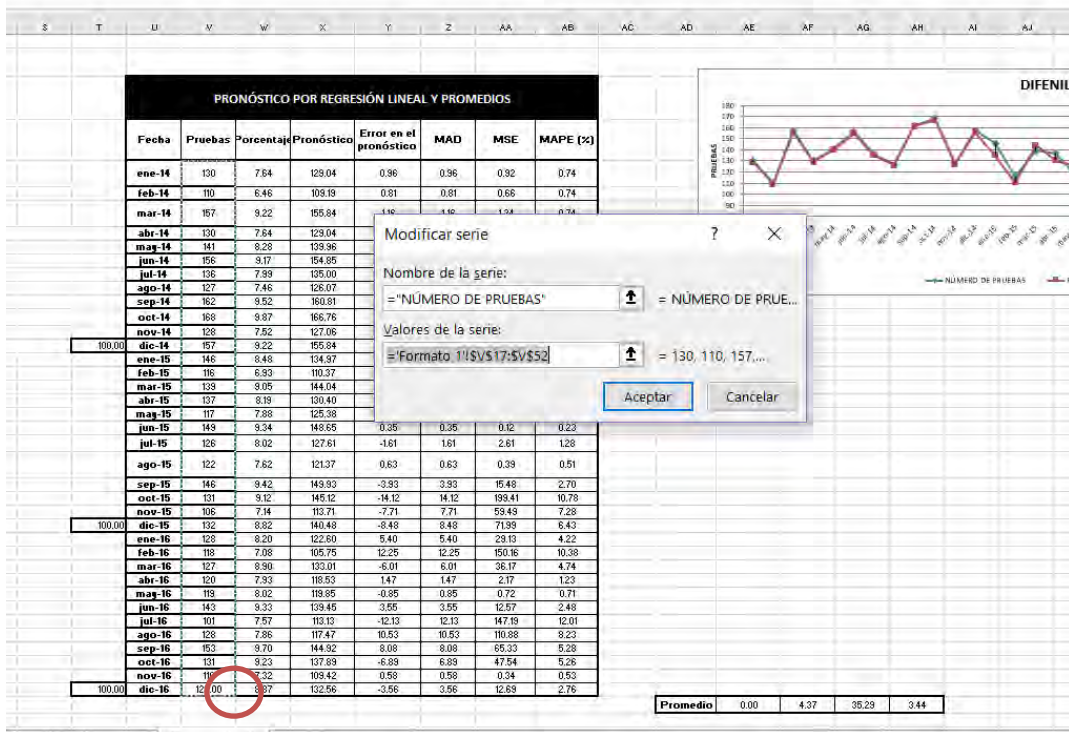
6.3.2. Del lado derecho del cuadro de diálogo, en el recuadro de entradas de leyenda (series), seleccionar la primera entrada.



6.3.3 Seleccionar modificar, Después en el cuadro de diálogo modificar serie, seleccionar valores de la serie.



6.3.4 Una vez que los datos se marquen en las tablas, en la última casilla, en la parte inferior derecha, arrastrar la selección hasta los nuevos datos agregados.



6.3.5 Después , seleccionar la casilla de aceptar.

6.3.6 A continuación seleccionar la segunda entrada en el cuadro de diálogos de entradas de leyenda (series) y repetir los pasos 6.3.3 a 6.3.6.

6.3.6 Repetir todo el punto 6.3 para las gráficas restantes.



## 6.4 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE PRONÓSTICOS.

6.4.1 En la tabla de regresión lineal, en la columna de pronósticos, es el resultado del dato actual.

| DIFENILHIDANTOINA |         |            |                        |       |        |          |
|-------------------|---------|------------|------------------------|-------|--------|----------|
| REGRESIÓN LINEAL  |         |            |                        |       |        |          |
| Fecha             | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| 2014              | 1702.00 | 1653.47    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.74     |
| 2015              | 1567.00 | 1592.06    | -25.06                 | 25.06 | 537.40 | 1.60     |
| 2016              | 1507.17 | 1494.64    | 12.53                  | 12.53 | 207.40 | 0.83     |

6.4.2 Seleccionar la tabla con el dato del año anterior, después copiar y pegar en la parte de abajo.

| 2018       |              |                    |
|------------|--------------|--------------------|
| Fecha      | Promedio (%) | Pronóstico mensual |
| Enero      | 8.11         |                    |
| Febrero    | 6.82         |                    |
| Marzo      | 9.06         |                    |
| Abril      | 7.92         |                    |
| Mayo       | 8.06         |                    |
| Junio      | 9.23         |                    |
| Julio      | 7.85         |                    |
| Agosto     | 7.85         |                    |
| Septiembre | 9.54         |                    |
| Octubre    | 9.40         |                    |
| Noviembre  | 7.33         |                    |
| Diciembre  | 9.87         |                    |
| Total      | 100.99       |                    |

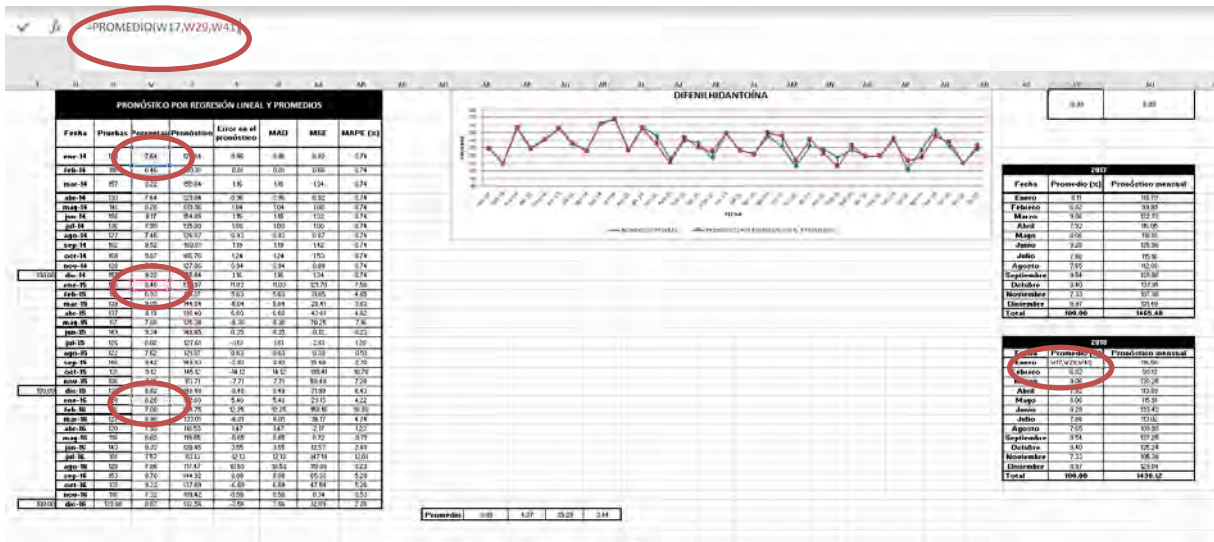
| 2018       |              |       |
|------------|--------------|-------|
| Enero      | Promedio (%) | Pronc |
| Enero      | 7.79         |       |
| Febrero    | 7.74         |       |
| Marzo      | 9.55         |       |
| Abril      | 9.17         |       |
| Mayo       | 7.23         |       |
| Junio      | 8.85         |       |
| Julio      | 8.20         |       |
| Agosto     | 7.05         |       |
| Septiembre | 8.90         |       |
| Octubre    | 7.93         |       |
| Noviembre  | 8.02         |       |
| Diciembre  | 9.33         |       |
| Total      | 99.80        |       |

6.4.3 Renombrar la tabla con el año en curso.

6.4.4 En la columna de pronóstico mensual, fila total, colocar el dato que del pronóstico actual calculado en el punto 6.4.1.

6.4.5 En la columna de promedio (%), seleccionar el primer mes, y en la barra de formulas, agregar el mes del dato actual.

6.4.6 Hacer los mismo con cada mes.



6.4.7 En la columna de pronóstico mensual se encuentra los resultados del año siguiente.

## 6.5 OBTENCIÓN DEL CÁLCULO DE INVENTARIOS

6.5.1 En la tabla de Difenilhidantoina, en la fila de demanda por unidad de tiempo, colocar la suma del pronóstico generado en la tabla del punto anterior.

| DIFENILHIDANTOINA   |       |
|---|-------|
| Costo unitario (\$/unidad), c <sub>u</sub>  | 88.78 |
| Costo anual de mantener el inventario (por año), h <sub>c</sub>                     | 0.1   |
| Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año), h <sub>u</sub> | 8.878 |
| Costo de ordenar (\$ por orden), k <sub>o</sub>                                     | 300   |
| Demanda por unidad de tiempo, d <sub>t</sub>  | 1465  |
| Número de piezas a ordenar, Q <sub>o</sub>  | 34.70 |
| Longitud del ciclo de inventario, Q <sub>o</sub> (días)                             | 78.33 |

| Inventario de seguridad           |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nivel de servicio, L <sub>s</sub> | 0.95   |
| Apéndice 5 [Hillier], K [34]      | 1.645  |
| Demanda media                     | 133    |
| Varianza                          | 16.50  |
| z <sub>α</sub>                    | 153.91 |
| Inventario de seguridad           | 27     |

$$V = \frac{d \cdot L_s}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{h_c}{p}}$$

$d$  = demanda promedio por unidad de tiempo  
 $k_o$  = costo de preparación cada vez que se coloca una orden  
 $h_c$  = costo de mantener inventario por cada unidad en inventario por unidad de tiempo  
 $p$  = Costo por faltantes

$$Inventario de seguridad = z_{\alpha} \cdot V + d \cdot L_s$$

$$R = \mu + E_{z, \alpha} \cdot \sigma$$

## 6.6 CALENDARIZACIÓN DE PEDIDOS

6.6.1 De acuerdo a los resultados obtenidos de los inventarios y pronósticos, tomando en cuenta que los pedidos deben realizarse cuando el nivel mínimo sea el inventario de seguridad, se calendariza de la siguiente manera: en la columna de nivel se muestra la demanda acumulada (proveniente de los pronósticos), se realiza la revisión continua y cuando el nivel de inventario es el del inventarios de seguridad se genera en ese mes un pedido.

6.6.2 A continuación se muestra un ejemplo:

| 2018                              | DIFENILHIDANTOINA |        | FENOBARBITAL |        | CARBAMAZEPINA |        |
|-----------------------------------|-------------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|
|                                   | Nivel             | Pedido | Nivel        | Pedido | Nivel         | Pedido |
| <b>Número de piezas a ordenar</b> | 400               | 0      | 300          | 0      | 400           | 0      |
| <b>Inventario de seguridad</b>    | 30                | 0      | 30           | 0      | 30            | 0      |
| <b>Enero</b>                      | 116               | 400    | 92           | 300    | 145           | 400    |
| <b>Febrero</b>                    | 214               | 0      | 165          | 0      | 256           | 0      |
| <b>Marzo</b>                      | 344               | 0      | 244          | 0      | 366           | 0      |
| <b>Abril</b>                      | 457               | 400    | 325          | 300    | 491           | 400    |
| <b>Mayo</b>                       | 572               | 0      | 407          | 0      | 612           | 0      |
| <b>Junio</b>                      | 705               | 0      | 489          | 0      | 739           | 0      |
| <b>Julio</b>                      | 818               | 400    | 577          | 300    | 878           | 400    |
| <b>Agosto</b>                     | 927               | 0      | 663          | 0      | 1016          | 0      |
| <b>Septiembre</b>                 | 1064              | 0      | 750          | 0      | 1145          | 0      |
| <b>Octubre</b>                    | 1199              | 400    | 839          | 0      | 1288          | 400    |
| <b>Noviembre</b>                  | 1304              | 0      | 922          | 300    | 1422          | 0      |
| <b>Diciembre</b>                  | 1433              | 0      | 1010         | 0      | 1552          | 0      |
| <b>TOTAL</b>                      |                   | 1600   |              | 1200   |               | 1600   |

## 6.7 BLOQUEO DE LA HOJA DE CÁLCULO

6.7.1 Desbloquear la hoja de cálculo de acuerdo al PRO-XX-XX. Procedimiento de validación de hojas de cálculo en la sección 6.1.

## 7. REGISTROS.

PRO-XX-XX-X Formato para el cálculo de pronósticos e inventarios.

## 8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

- NMX-EC-15189-IMNC-2008 Laboratorio clínico- Requisitos particulares para la calidad y la competencia.
- NMX-CC-9001-IMNC-2008 Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos
- Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1992). Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Estado de México: Prentice Hall.
- Alvarez Cáceres, R. (1996). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS. Aplicación a las ciencias de la salud. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning.

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro. México: McGraw-Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Estado de México: Pearson- Prentice Hall.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. L. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). Estadística para administración y economía. México: Pearson.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. L. (1998). Planeación y control de la producción. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.

## **9. ANEXOS.**

N/A

## CONCLUSIONES

Como se ha observado a través de los últimos años en el laboratorio, la manera empírica de realizar los pedidos ha generado que algunos meses no tengan los insumos para realizar las pruebas solicitadas por los médicos, independientemente de los problemas presupuestales que puede presentar una administración hospitalaria. El análisis presentado en este trabajo ayuda al laboratorio a una planeación y control de los insumos más acertada. Con esta metodología basada en modelos matemáticos para la realización de los pedidos, disminuye en gran manera el riesgo de manejar un inventario incapaz de atender la demanda.

Para la selección de los modelos de pronósticos es importante considerar cuales se adaptan mejor a la demanda, teniendo en cuenta las características de éstos. En nuestro caso de aplicación, los modelos que mostraron ajustarse mejor a los datos obtenidos son, la regresión lineal para datos anuales en la mayoría de los análisis y suavizamiento exponencial para los casos de GH, insulina, PSA total y ANTI-TPO.

Como se ha mencionado con anterioridad, los pronósticos llevan implícitos cierto grado de error dependiendo de la serie de tiempo a analizar, a pesar de esto, son un apoyo importante para la toma de decisiones. El laboratorio cuenta con la capacidad de procesos adecuada para poder brindar los servicios que ofertan. Sin duda, un análisis adecuado de la demanda ayudaría a mejorar la logística interna (reducción de desperdicios) y al tener un mayor movimiento de insumos, también se reducen las caducidades.

Para la realización de este trabajo, se tomó en cuenta que el personal de laboratorio no posee conocimiento del tema. Por lo que se utilizaron modelos sencillos, de fácil modelación en programas como Microsoft Excel. Todos los cálculos fueron hechos en esta hoja de cálculo, tomando en cuenta que no existía la posibilidad de adquirir otro software. Únicamente se utilizó el software Minitab versión 16 como ejemplo para una validación de hoja de cálculo.

Debido a que el laboratorio cuenta con un certificado con la NMX-CC-9001 y una acreditación bajo la NMX-EC-15189, al realizar un análisis de estas normas, se encontró la necesidad de realizar un procedimiento de validación de hojas cálculo, adicional al procedimiento que se tenía contemplado de elaboración de una política de inventario.

El manejo y la disposición de la información es importante para poder tener resultados lo más cercano a la realidad, el laboratorio es capaz de generar la mayoría de la información que se requiere, pero el problema radica en que se necesita información de otra área, entonces estos procesos se vuelven demasiado burocráticos y tardados, por lo que considero que esto podría ser una oportunidad de mejora.

Adicionalmente, se recomienda al laboratorio que el sistema de recolección de información permita obtener el número de pruebas por cada analito para que se puedan realizar los cálculos, además de que éstos datos tengan la facilidad de exportarse a Excel, de este modo se puede facilitar el manejo de información necesaria para realizar los cálculos.

Ya que el personal este más familiarizado con los temas de pronósticos e inventarios, es importante mencionar, que en el futuro se podría realizar varias inversiones, como la de adquirir algún software especializado que permita la utilización de modelos más sofisticados; así mismo, se podría ajustar el software interno para generar la información de manera automatizada, de este modo se puede reducir y ajustar los modelos de manera más eficiente y disminuir la probabilidad de errores humanos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Comité Técnico ISO/TC 176. (2008). NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos. México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Comité Técnico ISO/TC 212. (2015). NMX-EC-15189-IMNC-2015. LABORATORIOS CLÍNICOS - REQUISITOS DE LA CALIDAD Y COMPETENCIA. México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C.

Abbott System. (Marzo de 2006). iTestosterone. iTestosterone. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Julio de 2008). Carbamazepine. Carbamazepine. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Octubre de 2008). i Phenobarbital. i Phenobarbital. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Diciembre de 2008). i Phenytoin. i Phenytoin. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Noviembre de 2009). Estradiol. Estradiol. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Noviembre de 2009). FSH. FSH. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Agosto de 2009). iValproic Acid. iValproic Acid. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

Abbott System. (Junio de 2009). LH. LH. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.

- Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1992). Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento. Estado de México: Prentice Hall.
- Alvarez Cáceres, R. (1996). Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS. Aplicación a las ciencias de la salud. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Ballou, R. H. (2004). Logística. Administración de la cadena de suministro. Estado de México: Prentice Hall.
- Beckman Coulter. (2010). Access Immunoassay Systems . Insert instructions. Estados Unidos: Beckman Coulter Inc.
- BIO-RAD Laboratories. (Agosto de 2010). Hemoglobin A1c Program. Instruction Manual. Estados Unidos: BIO-RAD Laboratories.
- Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning.
- Buffa, E. S., & Taubert, W. H. (1975). Sistemas de Producción e inventario. Planeación y control. México: Limusa.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro. México: McGraw-Hill.
- Comité de Competitividad. (2010). Situación del sector farmacéutico en México. Centros de Estudios Sociales y de Opinión Pública, 288.
- Comité Técnico ISO/TC 176. (2015). NMX-CC-9001-IMNC-2015. Sistemas de gestión de la calidad-Requisitos . México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación.
- Consejería de Salud. (2004). Proceso de soporte para laboratorios clínicos. Sevilla, España: Escandón Impresores.
- Cortés, B., & Morales, V. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali. Santiago: Universidad del valle. Tesis para obtener el grado de ingeniería industrial.
- Croxton, F. E. (1949). Tables of areas in two tails and in one tail of the normal curve. Englewood: Prentice Hall.
- Frederick S. Hillier, e. a. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). Principios de administración de operaciones. Estado de México: Pearson- Prentice Hall.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. L. (2010). Introducción a la Investigación de operaciones. Ciudad de México: Mc Graw Hill.

- Holguín, C. J. (2005). Fundamentos de Gestión de Inventarios. Colombia: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.
- Jiménez Sánchez, J. E. (2005). Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Jiménez Sánchez, J. E. (2015). Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro. Querétaro, México: Instituto Mexicano del Transporte.
- KPMG MÉXICO. (2008). La industria farmacéutica en México. Programa de Industrias, KPMG., 41.
- KPMG MÉXICO. (2017). La industria farmacéutica mexicana. Actualidades. Programa de Industrias, KPMG., 20.
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). Estadística para administración y economía. México: Pearson.
- Lindsey, M., & Pavur, R. (2009). Prediction intervals for future demand of existing. International Journal of.
- Morre, J. H., Weatherford, L. R., Eppen, G., Gould, F., & Schmidt, C. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia administrativa. Estado de México: Pearson-Prentice Hall.
- Muller, M. (2005). Fundamentos de Administración de Inventarios. México: Grupo Editorial Norma.
- Negrón Muñoz, D. F. (2010). Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. México, Distrito Federal: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Prada Quesada, F. J. (2010). Diseño, implementación, procedimientos operativos y gestión de un laboratorio de análisis clínicos con capacidad para procesar 1000 muestras por día. Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Tesis para obtener el grado de ingeniería industrial.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. L. (1998). Planeación y control de la producción. México, Distrito Federal: Mc Graw Hill.
- System, A. (Agosto de 2009). iValproic Acid. iValproic Acid. Insert instructions. Estados Unidos: Pam.
- Teunter, R., & Sani, B. (2009). On the bias of Croston's forecasting method. . European Journal of Operational Research, 177-183.



## **ANEXOS.**

### **ANEXO 1. PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.**

#### **TABLA DE CONTENIDO**

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS
4. POLÍTICAS
5. RESPONSABILIDADES.
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.
  - 6.1 PROTECCIÓN DE LAS HOJAS DE CÁLCULO.
  - 6.2 DESBLOQUEO DE DOCUMENTOS.
  - 6.3 VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO
7. REGISTROS
8. REFERENCIA Y BOBLOGRAFÍA.

#### **1. OBJETIVO.**

Establecer los lineamientos para la protección de los registros almacenado en hojas de cálculo y prevenir el acceso no autorizado y modificación de datos.  
Garantizar que los resultados obtenidos sean confiables.

#### **2. ALCANCE.**

Aplica a toda la información que se genera y documenta del Sistema de Gestión de Calidad del área de hormonas y niveles séricos del Laboratorio de Análisis clínico para la realización de este procedimiento.

#### **3. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.**

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.  
**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Protocolo.** Plan de trabajo escrito que establece objetivos, procedimientos, métodos y criterios de aceptación para realizar un estudio.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema computarizado/ computacional.** Cualquier equipo, proceso u operación que haya acoplada uno o más computadoras y un software asociado a un grupo de componentes de hardware diseñado y ensamblado para realizar un grupo específico de funciones.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

## 4. POLÍTICAS.

N/A

## 5. RESPONSABILIDADES.

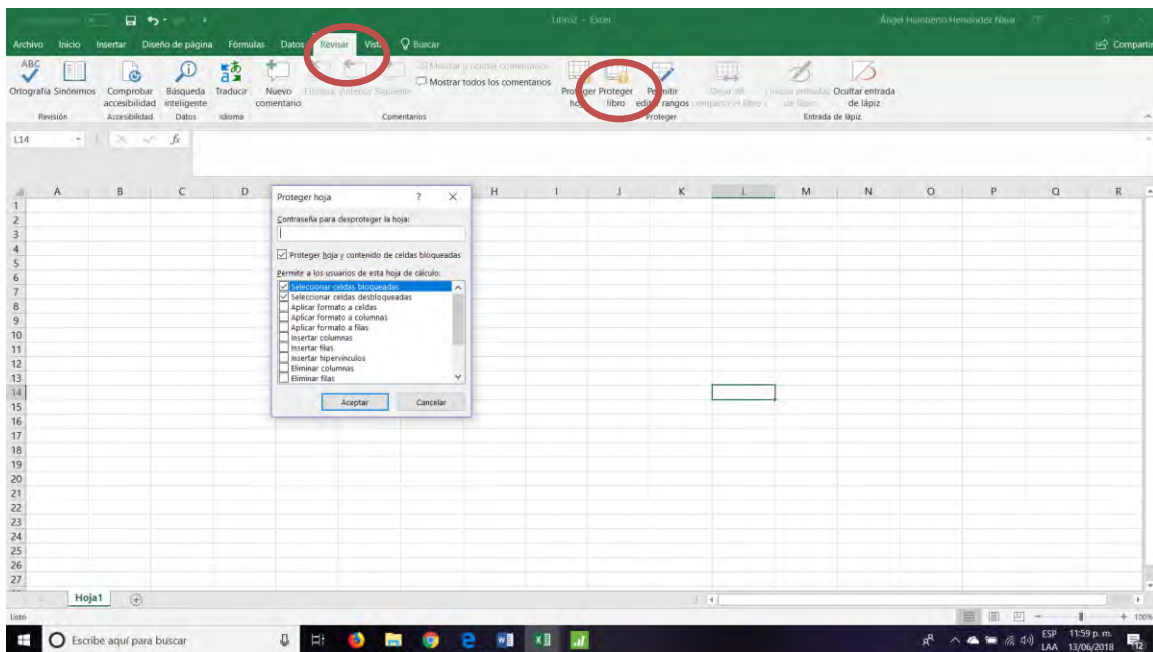
Es responsabilidad del Gerente de Calidad :

- Resguardar las contraseñas que se generen para las hojas de cálculo.
- Cuidar el acceso de los registros generados, y las hojas de cálculo .
- Verificar y actualizar la información obtenida en las hojas de cálculo.
- Validar que la información de las hojas de cálculo sea confiable.
- Validar mediante este procedimiento las hojas de cálculo cuando se requiera.

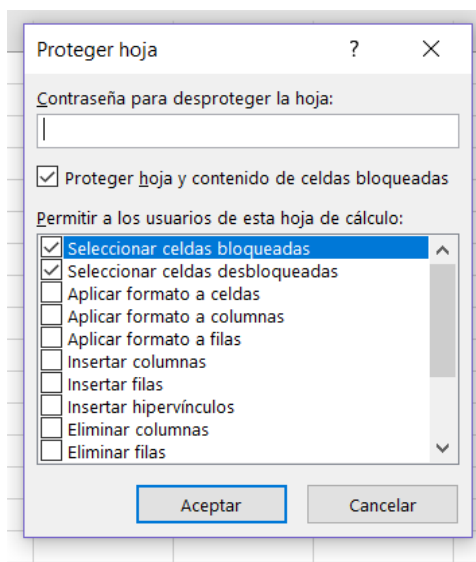
## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

### 6.1 Protección de las hojas de cálculo.

6.1.1 Abrir el documento de Excel, en el menú de herramientas, en la pestaña de revisar, seleccionar proteger hoja:

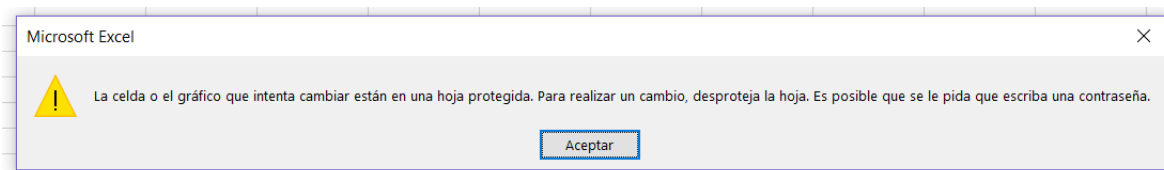


6.1.2 En el cuadro de diálogo, seleccionar las siguientes casillas:



6.1.2. Ingresar la contraseña elegida, seleccionar el botón de aceptar. Excel solicitará ingresar la contraseña dos veces.

6.1.3 Al intentar modificar la hoja de cálculo, se presentará el siguiente mensaje:

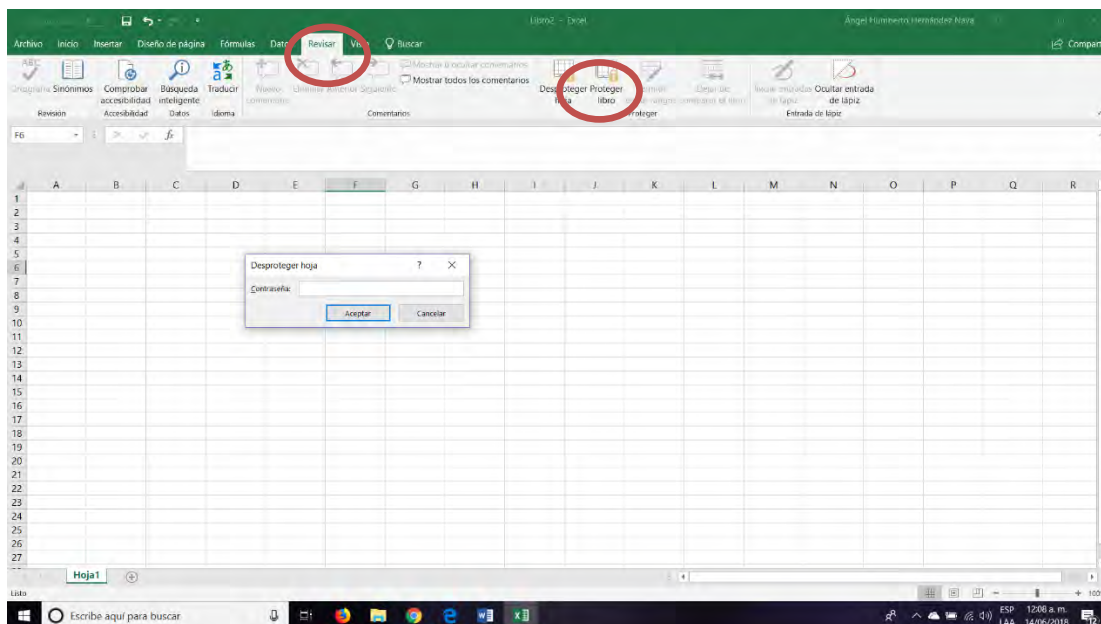


6.1.4. En caso de no aparecer, regresar al punto 6.1.1.

6.1.5 Sólo tendrá acceso el Gerente de Calidad y a quien éste asigne como encargado de mantener los datos actualizados.

## 6.2 Desbloqueo de documentos.

6.2.1 Para desbloquear un documento de Excel se accederá al menú de herramientas revisar, desproteger hoja.



6.2.2 Ingresar la contraseña, seleccionar el botón de aceptar.

6.2.3 La hoja de cálculo se puede modificar, al terminar de actualizar los datos se debe volver a proteger las hojas de cálculo como indica en la sección 6.1.

### 6.3 Validación de hojas de cálculo.

6.3.1 Para asegurar que las fórmulas de las hojas de cálculos estén correctas y que la información sea confiable, se deberán comprobar los resultados de la siguiente manera:

- Caso 1. Mediante software comercial.
- Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.
- Caso 3. Realizando los cálculos mediante una calculadora.

6.3.2. Se realizará mediante el formato PRO-XX-A, protocolo de validación de hojas de cálculo, el cual debe contener los siguientes

- Tabla de contenido. Es el reflejo de la estructura del documento, contiene los temas que lo conforman.
- Objetivo. Una breve descripción del propósito del documento.
- Términos, definiciones y abreviaturas. Aquellas que sean necesarias para facilitar el entendimiento del documento.
- Condiciones del estado validado. Criterios de aceptación bajo las cuales se realizará la validación.
- Validación. Realizar la comparación de los resultados de la hoja de cálculo mediante los casos expuestos en el punto 6.3.1
- Resultados. Describir si los criterios de aceptación se cumplieron.
- Documentación de referencia. Indicar aquellos documentos que fueron un apoyo para la realización del documento.

- Anexos. Aquellos documentos que se consideren necesario para completar la información.

6.3.3 Una hoja de cálculo debe validarse de acuerdo a los siguientes criterios:

- Cuando se genera por primera vez.
- Cuando se modifica una fórmula o un criterio.
- Cuando se añadan nuevos cálculos.

## **7. REGISTROS.**

Protocolo de validación de hojas de cálculo (PRO-XX-A).

## **8. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.**

- NMX-EC-15189-IMNC-2008 Laboratorio clínico- Requisitos particulares para la calidad y la competencia.
- NMX-CC-9001-IMNC-2008 Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos
- NOM-059-SSA1-2015, Buenas prácticas de fabricación de medicamentos.
- PRO-02, Procedimiento para el control de documentos.

## ANEXO 2. EJEMPLO DE VALIDACIÓN DE HOJAS DE CÁLCULO.

### TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO.
2. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.
4. CONDICIONES DEL ESTADO VALIDADO.
  - 4.1 Criterios de validación.
  - 4.2 Caso 1. Software Comercial.
  - 4.3 Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.
5. VALIDACIÓN.
  - 5.1 CASO 1. SOFTWARE COMERCIAL
    - 5.1.1 ÚLTIMO DATO.
    - 5.1.2 PROMEDIO MÓVIL, N=2
    - 5.1.3 PROMEDIO MÓVIL, N=3
    - 5.1.4 PROMEDIO MÓVIL, N=6
    - 5.1.5 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE,  $\alpha= 0.3$
    - 5.1.6 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE,  $\alpha= 0.5$
    - 5.1.7 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER),.  $\alpha= 0.13$
    - 5.1.8 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE,  $\alpha= 0.3$
    - 5.1.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE,  $\alpha= 0.5$
    - 5.1.10 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER),.  $\alpha= 0.13$
    - 5.1.11 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER)
    - 5.1.12 SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA
    - 5.1.13 REGRESIÓN LINEAL
  - 5.2 CASO 2. MEDIANTE LIBROS .
    - 5.2.1 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA
6. RESULTADOS.
7. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.
8. ANEXOS.

## 1. OBJETIVO.

Validar la hoja de cálculo que se utiliza hacer el análisis de la demanda, elaboración de los modelos de pronósticos y la comparación de errores.

## 2. TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.

**Calidad.** Cumplimiento de especificaciones establecidas para garantizar la aptitud de uso.

**Criterios de aceptación.** Especificaciones, estándares o intervalos predefinidos que deben cumplirse bajo condiciones de prueba preestablecidas.

**Especificación.** Descripción de un material, sustancia o producto, que incluye los parámetros de calidad, límites de aceptación y la referencia de los métodos a utilizar para su determinación.

**Protocolo.** Plan de trabajo escrito que establece objetivos, procedimientos, métodos y criterios de aceptación para realizar un estudio.

**Registro electrónico.** Conjunto de información que incluye datos electrónicos ( texto, numérico o gráfico) que es creado, modificado, archivado, restaurado o transmitido a través de un sistema computarizado.

**Sistema computarizado/ computacional.** Cualquier equipo, proceso u operación que ha sido acoplada uno o más computadoras y un software asociado a un grupo de componentes de hardware diseñado y ensamblado para realizar un grupo específico de funciones.

**Sistema de Gestión de Calidad.** La manera como la organización dirige y controla las actividades asociadas con la calidad.

**Validación.** Confirmación mediante un suministro de evidencia objetiva cuya finalidad es demostrar la funcionalidad, consistencia y robustez de un proceso dado en cuanto a su capacidad para entregar un producto de calidad.

## 4. CONDICIONES DEL ESTADO VALIDADO.

### 4.1 Criterios de validación.

En promedio, las diferencias entre la hoja de cálculos y los recursos utilizados para hacer la comparación no deben exceder el 5%. Para la realización de la validación, se ocuparán los datos del analito difenihidantoína.

### 4.2 Caso 1. Software Comercial.

Se utilizará el software estadístico MINITAB versión 17, el cual fue diseñado por instructores del programa de análisis estadísticos de las Universidad Estatal de Pensilvania en 1972 mediante una versión ligera de OMNITAB. A partir del 2006 se contó con una versión completa, misma que requiere licencia. MINITAB tiene soporte técnico integrado y cuenta con una página de internet (<http://www.minitab.com/es-mx/support/>).

### 4.3 Caso 2. Mediante una publicación: artículo, libro o revista.

Se empleará el siguiente libro: Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2007). Pronósticos, series de tiempo y regresión. Un enfoque aplicado. México: Cengage Learning. Pasa este caso, se utilizarán los datos como vienen mencionados en el libro, no corresponden a ningún dato proporcionado por el Laboratorio.

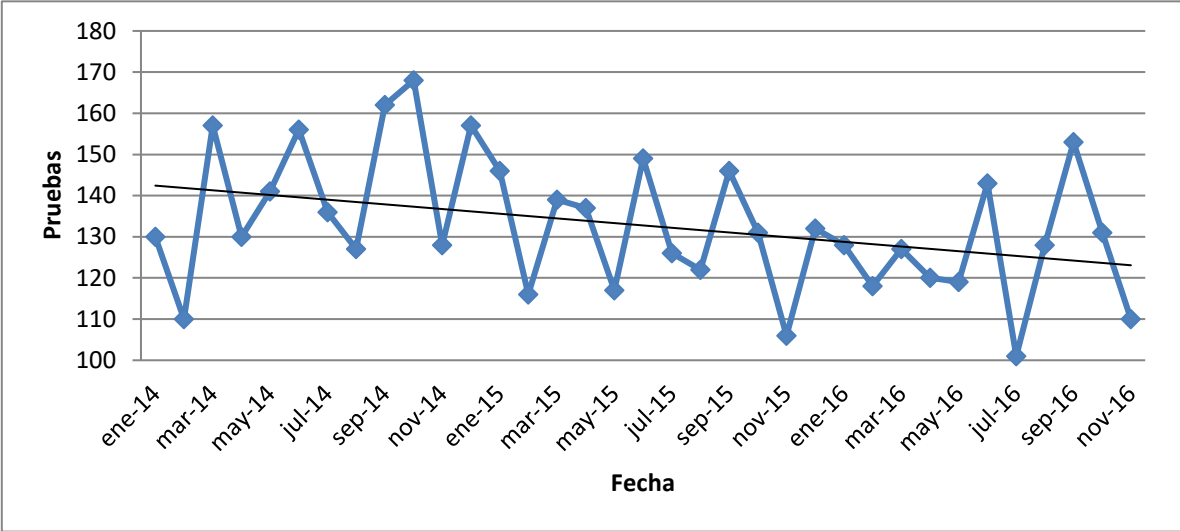
## 5. VALIDACIÓN.

### 5.1 CASO 1. SOFTWARE COMERCIAL

| <b>DIFENILHIDANTOINA</b> |                |
|--------------------------|----------------|
| <b>Fecha</b>             | <b>Pruebas</b> |
| ene-14                   | 130            |
| feb-14                   | 110            |
| mar-14                   | 157            |
| abr-14                   | 130            |
| may-14                   | 141            |
| jun-14                   | 156            |
| jul-14                   | 136            |
| ago-14                   | 127            |
| sep-14                   | 162            |
| oct-14                   | 168            |
| nov-14                   | 128            |
| dic-14                   | 157            |
| ene-15                   | 146            |
| feb-15                   | 116            |
| mar-15                   | 139            |
| abr-15                   | 137            |
| may-15                   | 117            |
| jun-15                   | 149            |
| jul-15                   | 126            |
| ago-15                   | 122            |
| sep-15                   | 146            |
| oct-15                   | 131            |
| nov-15                   | 106            |
| dic-15                   | 132            |
| ene-16                   | 128            |
| feb-16                   | 118            |
| mar-16                   | 127            |
| abr-16                   | 120            |
| may-16                   | 119            |
| jun-16                   | 143            |
| jul-16                   | 101            |
| ago-16                   | 128            |
| sep-16                   | 153            |
| oct-16                   | 131            |
| nov-16                   | 110            |

|             |         |
|-------------|---------|
| <b>D.E.</b> | 16.498  |
| <b>M.E.</b> | 132.771 |
| <b>C.V.</b> | 0.124   |





### 5.1.1 ÚLTIMO DATO.

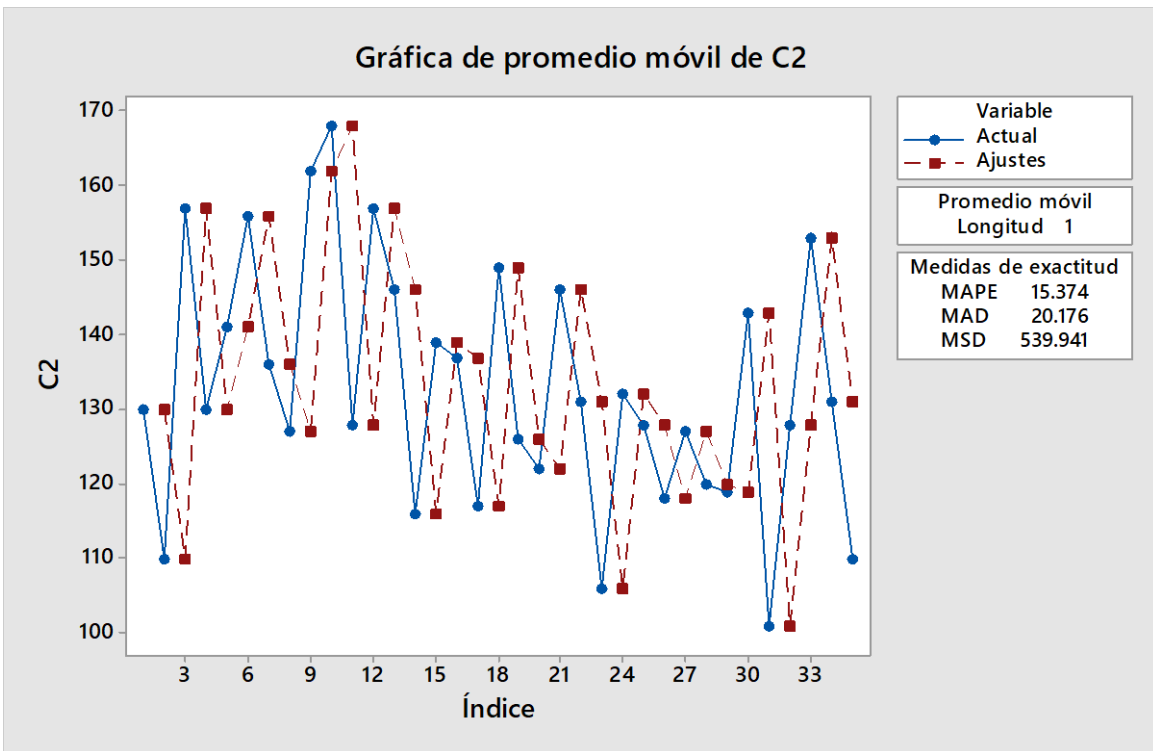
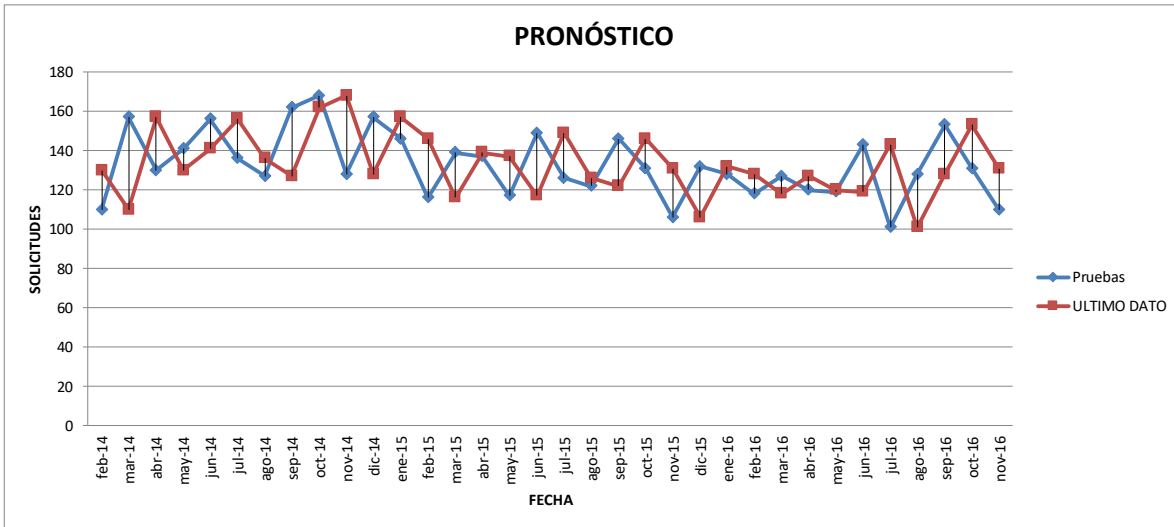
Excel:

| ULTIMO DATO     |         |            |                        |        |         |          |
|-----------------|---------|------------|------------------------|--------|---------|----------|
| Fecha           | Pruebas | Pronóstico | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| ene-14          | 130     | ---        | ---                    | ---    | ---     | ---      |
| feb-14          | 110     | 130        | -20                    | 20     | 400     | 18.2     |
| mar-14          | 157     | 110        | 47                     | 47     | 2209    | 29.9     |
| abr-14          | 130     | 157        | -27                    | 27     | 729     | 20.8     |
| may-14          | 141     | 130        | 11                     | 11     | 121     | 7.8      |
| jun-14          | 156     | 141        | 15                     | 15     | 225     | 9.6      |
| jul-14          | 136     | 156        | -20                    | 20     | 400     | 14.7     |
| ago-14          | 127     | 136        | -9                     | 9      | 81      | 7.1      |
| sep-14          | 162     | 127        | 35                     | 35     | 1225    | 21.6     |
| oct-14          | 168     | 162        | 6                      | 6      | 36      | 3.6      |
| nov-14          | 128     | 168        | -40                    | 40     | 1600    | 31.3     |
| dic-14          | 157     | 128        | 29                     | 29     | 841     | 18.5     |
| ene-15          | 146     | 157        | -11                    | 11     | 121     | 7.5      |
| feb-15          | 116     | 146        | -30                    | 30     | 900     | 25.9     |
| mar-15          | 139     | 116        | 23                     | 23     | 529     | 16.5     |
| abr-15          | 137     | 139        | -2                     | 2      | 4       | 1.5      |
| may-15          | 117     | 137        | -20                    | 20     | 400     | 17.1     |
| jun-15          | 149     | 117        | 32                     | 32     | 1024    | 21.5     |
| jul-15          | 126     | 149        | -23                    | 23     | 529     | 18.3     |
| ago-15          | 122     | 126        | -4                     | 4      | 16      | 3.3      |
| sep-15          | 146     | 122        | 24                     | 24     | 576     | 16.4     |
| oct-15          | 131     | 146        | -15                    | 15     | 225     | 11.5     |
| nov-15          | 106     | 131        | -25                    | 25     | 625     | 23.6     |
| dic-15          | 132     | 106        | 26                     | 26     | 676     | 19.7     |
| ene-16          | 128     | 132        | -4                     | 4      | 16      | 3.1      |
| feb-16          | 118     | 128        | -10                    | 10     | 100     | 8.5      |
| mar-16          | 127     | 118        | 9                      | 9      | 81      | 7.1      |
| abr-16          | 120     | 127        | -7                     | 7      | 49      | 5.8      |
| may-16          | 119     | 120        | -1                     | 1      | 1       | 0.8      |
| jun-16          | 143     | 119        | 24                     | 24     | 576     | 16.8     |
| jul-16          | 101     | 143        | -42                    | 42     | 1764    | 41.6     |
| ago-16          | 128     | 101        | 27                     | 27     | 729     | 21.1     |
| sep-16          | 153     | 128        | 25                     | 25     | 625     | 16.3     |
| oct-16          | 131     | 153        | -22                    | 22     | 484     | 16.8     |
| nov-16          | 110     | 131        | -21                    | 21     | 441     | 19.1     |
| <b>Promedio</b> |         |            | -0.588                 | 20.176 | 539.941 | 15.374   |

**Minitab:**

|                             |    |         |          |     |     |
|-----------------------------|----|---------|----------|-----|-----|
| Promedio móvil de C2        |    |         |          |     |     |
| Datos                       | C2 |         |          |     |     |
| Longitud                    |    | 35      |          |     |     |
| Número de valores faltantes |    |         |          |     | 0   |
| Promedio móvil              |    |         |          |     |     |
| Longitud                    |    | 1       |          |     |     |
| Medidas de exactitud        |    |         |          |     |     |
| MAPE                        |    | 15.374  |          |     |     |
| MAD                         |    | 20.176  |          |     |     |
| MSD                         |    | 539.941 |          |     |     |
| Tiempo                      | C2 | MA      | Predecir |     |     |
|                             | 1  | 130     | 130 *    |     |     |
|                             | 2  | 110     | 110      | 130 | -20 |
|                             | 3  | 157     | 157      | 110 | 47  |
|                             | 4  | 130     | 130      | 157 | -27 |
|                             | 5  | 141     | 141      | 130 | 11  |
|                             | 6  | 156     | 156      | 141 | 15  |
|                             | 7  | 136     | 136      | 156 | -20 |
|                             | 8  | 127     | 127      | 136 | -9  |
|                             | 9  | 162     | 162      | 127 | 35  |
|                             | 10 | 168     | 168      | 162 | 6   |
|                             | 11 | 128     | 128      | 168 | -40 |
|                             | 12 | 157     | 157      | 128 | 29  |
|                             | 13 | 146     | 146      | 157 | -11 |
|                             | 14 | 116     | 116      | 146 | -30 |
|                             | 15 | 139     | 139      | 116 | 23  |
|                             | 16 | 137     | 137      | 139 | -2  |
|                             | 17 | 117     | 117      | 137 | -20 |
|                             | 18 | 149     | 149      | 117 | 32  |
|                             | 19 | 126     | 126      | 149 | -23 |
|                             | 20 | 122     | 122      | 126 | -4  |
|                             | 21 | 146     | 146      | 122 | 24  |
|                             | 22 | 131     | 131      | 146 | -15 |
|                             | 23 | 106     | 106      | 131 | -25 |
|                             | 24 | 132     | 132      | 106 | 26  |
|                             | 25 | 128     | 128      | 132 | -4  |
|                             | 26 | 118     | 118      | 128 | -10 |
|                             | 27 | 127     | 127      | 118 | 9   |
|                             | 28 | 120     | 120      | 127 | -7  |
|                             | 29 | 119     | 119      | 120 | -1  |
|                             | 30 | 143     | 143      | 119 | 24  |
|                             | 31 | 101     | 101      | 143 | -42 |
|                             | 32 | 128     | 128      | 101 | 27  |
|                             | 33 | 153     | 153      | 128 | 25  |
|                             | 34 | 131     | 131      | 153 | -22 |
|                             | 35 | 110     | 110      | 131 | -21 |

**Gráficas:**



**Comparación:**

| <b>Excel</b> | <b>Minitab</b>  | <b>Diferencia (%)</b> |
|--------------|-----------------|-----------------------|
| ---          | *               | ---                   |
| 130          | 130             | 0                     |
| 110          | 110             | 0                     |
| 157          | 157             | 0                     |
| 130          | 130             | 0                     |
| 141          | 141             | 0                     |
| 156          | 156             | 0                     |
| 136          | 136             | 0                     |
| 127          | 127             | 0                     |
| 162          | 162             | 0                     |
| 168          | 168             | 0                     |
| 128          | 128             | 0                     |
| 157          | 157             | 0                     |
| 146          | 146             | 0                     |
| 116          | 116             | 0                     |
| 139          | 139             | 0                     |
| 137          | 137             | 0                     |
| 117          | 117             | 0                     |
| 149          | 149             | 0                     |
| 126          | 126             | 0                     |
| 122          | 122             | 0                     |
| 146          | 146             | 0                     |
| 131          | 131             | 0                     |
| 106          | 106             | 0                     |
| 132          | 132             | 0                     |
| 128          | 128             | 0                     |
| 118          | 118             | 0                     |
| 127          | 127             | 0                     |
| 120          | 120             | 0                     |
| 119          | 119             | 0                     |
| 143          | 143             | 0                     |
| 101          | 101             | 0                     |
| 128          | 128             | 0                     |
| 153          | 153             | 0                     |
| 131          | 131             | 0                     |
|              | <b>Promedio</b> | 0                     |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.2 PROMEDIO MÓVIL, N=2

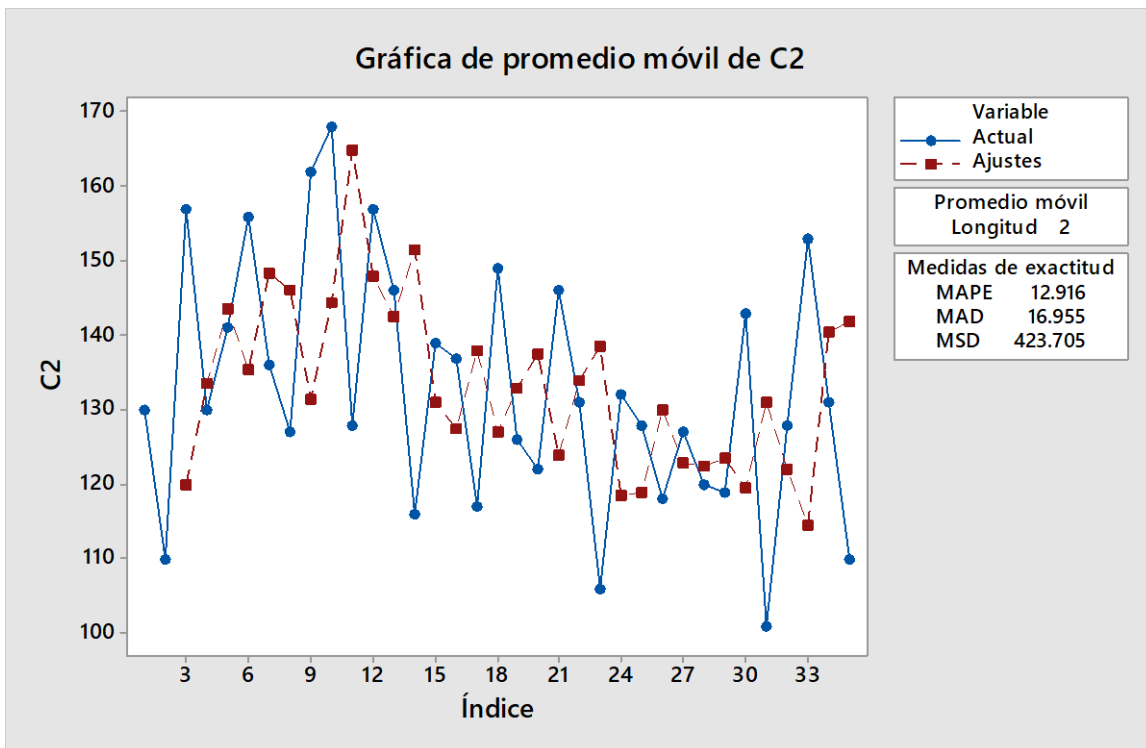
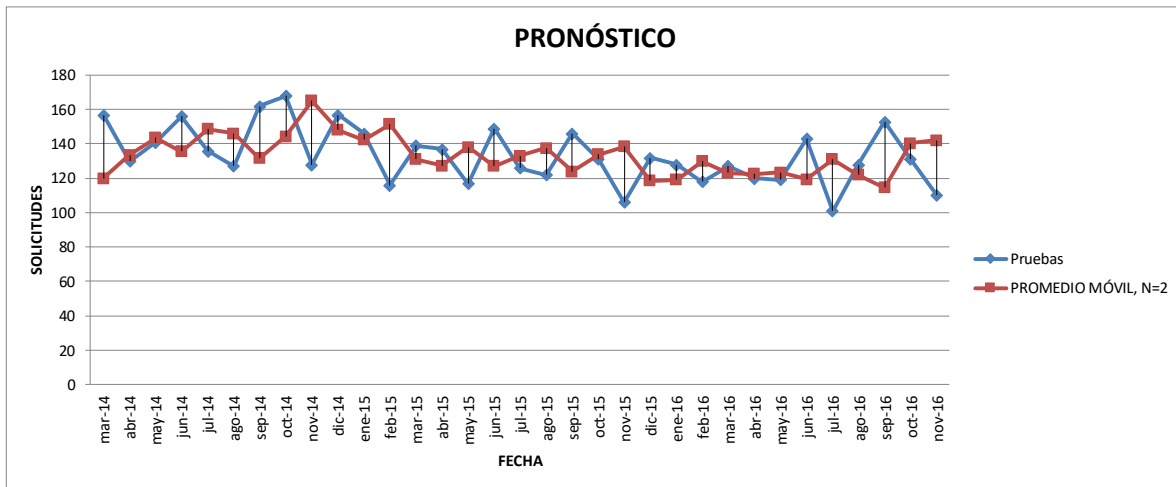
Excel:

| PROMEDIO MÓVIL, N=2 |         |                 |                        |        |          |          |
|---------------------|---------|-----------------|------------------------|--------|----------|----------|
| Fecha               | Pruebas | Pronóstico      | Error en el pronóstico | MAD    | MSE      | MAPE (%) |
| ene-14              | 130     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| feb-14              | 110     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| mar-14              | 157     | 120.000         | 37.000                 | 37.000 | 1369.000 | 23.567   |
| abr-14              | 130     | 133.500         | -3.500                 | 3.500  | 12.250   | 2.692    |
| may-14              | 141     | 143.500         | -2.500                 | 2.500  | 6.250    | 1.773    |
| jun-14              | 156     | 135.500         | 20.500                 | 20.500 | 420.250  | 13.141   |
| jul-14              | 136     | 148.500         | -12.500                | 12.500 | 156.250  | 9.191    |
| ago-14              | 127     | 146.000         | -19.000                | 19.000 | 361.000  | 14.961   |
| sep-14              | 162     | 131.500         | 30.500                 | 30.500 | 930.250  | 18.827   |
| oct-14              | 168     | 144.500         | 23.500                 | 23.500 | 552.250  | 13.988   |
| nov-14              | 128     | 165.000         | -37.000                | 37.000 | 1369.000 | 28.906   |
| dic-14              | 157     | 148.000         | 9.000                  | 9.000  | 81.000   | 5.732    |
| ene-15              | 146     | 142.500         | 3.500                  | 3.500  | 12.250   | 2.397    |
| feb-15              | 116     | 151.500         | -35.500                | 35.500 | 1260.250 | 30.603   |
| mar-15              | 139     | 131.000         | 8.000                  | 8.000  | 64.000   | 5.755    |
| abr-15              | 137     | 127.500         | 9.500                  | 9.500  | 90.250   | 6.934    |
| may-15              | 117     | 138.000         | -21.000                | 21.000 | 441.000  | 17.949   |
| jun-15              | 149     | 127.000         | 22.000                 | 22.000 | 484.000  | 14.765   |
| jul-15              | 126     | 133.000         | -7.000                 | 7.000  | 49.000   | 5.556    |
| ago-15              | 122     | 137.500         | -15.500                | 15.500 | 240.250  | 12.705   |
| sep-15              | 146     | 124.000         | 22.000                 | 22.000 | 484.000  | 15.068   |
| oct-15              | 131     | 134.000         | -3.000                 | 3.000  | 9.000    | 2.290    |
| nov-15              | 106     | 138.500         | -32.500                | 32.500 | 1056.250 | 30.660   |
| dic-15              | 132     | 118.500         | 13.500                 | 13.500 | 182.250  | 10.227   |
| ene-16              | 128     | 119.000         | 9.000                  | 9.000  | 81.000   | 7.031    |
| feb-16              | 118     | 130.000         | -12.000                | 12.000 | 144.000  | 10.169   |
| mar-16              | 127     | 123.000         | 4.000                  | 4.000  | 16.000   | 3.150    |
| abr-16              | 120     | 122.500         | -2.500                 | 2.500  | 6.250    | 2.083    |
| may-16              | 119     | 123.500         | -4.500                 | 4.500  | 20.250   | 3.782    |
| jun-16              | 143     | 119.500         | 23.500                 | 23.500 | 552.250  | 16.434   |
| jul-16              | 101     | 131.000         | -30.000                | 30.000 | 900.000  | 29.703   |
| ago-16              | 128     | 122.000         | 6.000                  | 6.000  | 36.000   | 4.688    |
| sep-16              | 153     | 114.500         | 38.500                 | 38.500 | 1482.250 | 25.163   |
| oct-16              | 131     | 140.500         | -9.500                 | 9.500  | 90.250   | 7.252    |
| nov-16              | 110     | 142.000         | -32.000                | 32.000 | 1024.000 | 29.091   |
|                     |         | <b>Promedio</b> | 0.015                  | 16.955 | 423.705  | 12.916   |

**Minitab:**

|                             |    |         |          |             |
|-----------------------------|----|---------|----------|-------------|
| Promedio móvil de C2        |    |         |          |             |
| Datos                       | C2 |         |          |             |
| Longitud                    |    | 35      |          |             |
| Número de valores faltantes |    |         |          | 0           |
| Promedio móvil              |    |         |          |             |
| Longitud                    |    | 2       |          |             |
| Medidas de exactitud        |    |         |          |             |
| MAPE                        |    | 12.916  |          |             |
| MAD                         |    | 16.955  |          |             |
| MSD                         |    | 423.705 |          |             |
| Tiempo                      | C2 | MA      | Predecir |             |
|                             | 1  | 130 *   | *        |             |
|                             | 2  | 110     | 120 *    |             |
|                             | 3  | 157     | 133.5    | 120 37      |
|                             | 4  | 130     | 143.5    | 133.5 -3.5  |
|                             | 5  | 141     | 135.5    | 143.5 -2.5  |
|                             | 6  | 156     | 148.5    | 135.5 20.5  |
|                             | 7  | 136     | 146      | 148.5 -12.5 |
|                             | 8  | 127     | 131.5    | 146 -19     |
|                             | 9  | 162     | 144.5    | 131.5 30.5  |
|                             | 10 | 168     | 165      | 144.5 23.5  |
|                             | 11 | 128     | 148      | 165 -37     |
|                             | 12 | 157     | 142.5    | 148 9       |
|                             | 13 | 146     | 151.5    | 142.5 3.5   |
|                             | 14 | 116     | 131      | 151.5 -35.5 |
|                             | 15 | 139     | 127.5    | 131 8       |
|                             | 16 | 137     | 138      | 127.5 9.5   |
|                             | 17 | 117     | 127      | 138 -21     |
|                             | 18 | 149     | 133      | 127 22      |
|                             | 19 | 126     | 137.5    | 133 -7      |
|                             | 20 | 122     | 124      | 137.5 -15.5 |
|                             | 21 | 146     | 134      | 124 22      |
|                             | 22 | 131     | 138.5    | 134 -3      |
|                             | 23 | 106     | 118.5    | 138.5 -32.5 |
|                             | 24 | 132     | 119      | 118.5 13.5  |
|                             | 25 | 128     | 130      | 119 9       |
|                             | 26 | 118     | 123      | 130 -12     |
|                             | 27 | 127     | 122.5    | 123 4       |
|                             | 28 | 120     | 123.5    | 122.5 -2.5  |
|                             | 29 | 119     | 119.5    | 123.5 -4.5  |
|                             | 30 | 143     | 131      | 119.5 23.5  |
|                             | 31 | 101     | 122      | 131 -30     |
|                             | 32 | 128     | 114.5    | 122 6       |
|                             | 33 | 153     | 140.5    | 114.5 38.5  |
|                             | 34 | 131     | 142      | 140.5 -9.5  |
|                             | 35 | 110     | 120.5    | 142 -32     |

**Gráficas:**





**Comparación.**

| <b>Excel</b> | <b>Minitab</b>  | <b>Diferencia (%)</b> |
|--------------|-----------------|-----------------------|
| ---          | *               | ---                   |
| ---          | *               | ---                   |
| 120          | 120             | 0                     |
| 133.5        | 133.5           | 0                     |
| 143.5        | 143.5           | 0                     |
| 135.5        | 135.5           | 0                     |
| 148.5        | 148.5           | 0                     |
| 146          | 146             | 0                     |
| 131.5        | 131.5           | 0                     |
| 144.5        | 144.5           | 0                     |
| 165          | 165             | 0                     |
| 148          | 148             | 0                     |
| 142.5        | 142.5           | 0                     |
| 151.5        | 151.5           | 0                     |
| 131          | 131             | 0                     |
| 127.5        | 127.5           | 0                     |
| 138          | 138             | 0                     |
| 127          | 127             | 0                     |
| 133          | 133             | 0                     |
| 137.5        | 137.5           | 0                     |
| 124          | 124             | 0                     |
| 134          | 134             | 0                     |
| 138.5        | 138.5           | 0                     |
| 118.5        | 118.5           | 0                     |
| 119          | 119             | 0                     |
| 130          | 130             | 0                     |
| 123          | 123             | 0                     |
| 122.5        | 122.5           | 0                     |
| 123.5        | 123.5           | 0                     |
| 119.5        | 119.5           | 0                     |
| 131          | 131             | 0                     |
| 122          | 122             | 0                     |
| 114.5        | 114.5           | 0                     |
| 140.5        | 140.5           | 0                     |
| 142          | 142             | 0                     |
|              | <b>Promedio</b> | 0                     |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.3 PROMEDIO MÓVIL, N=3

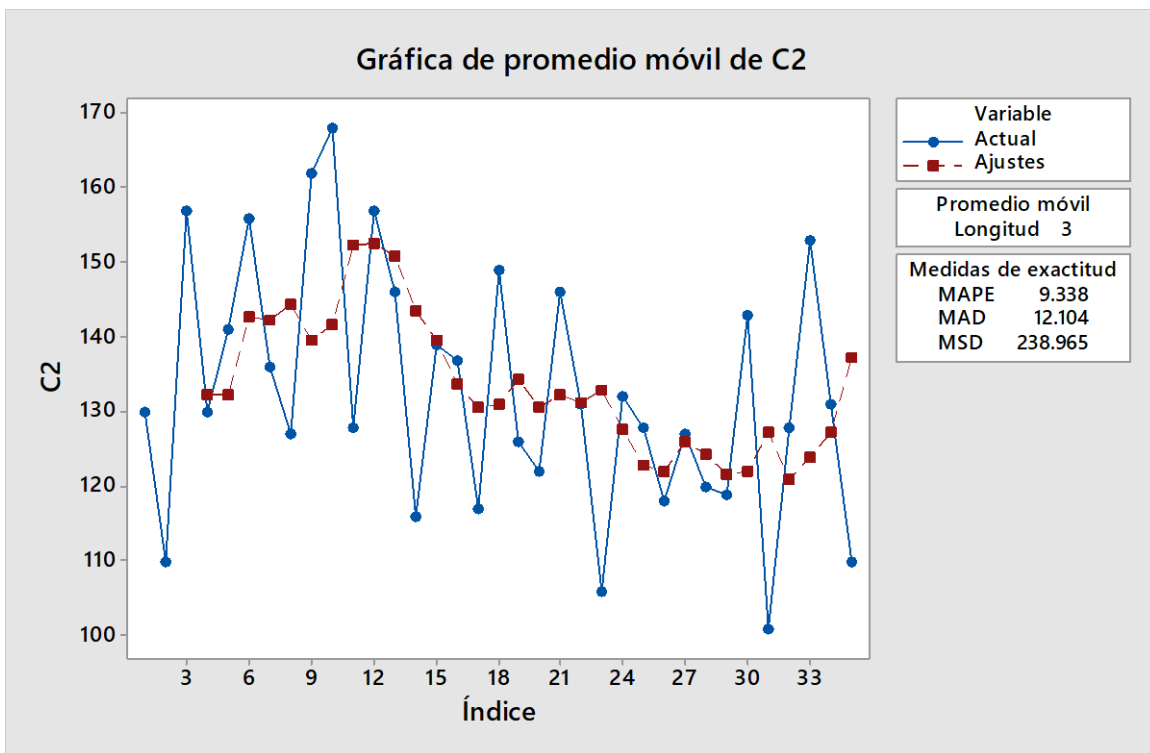
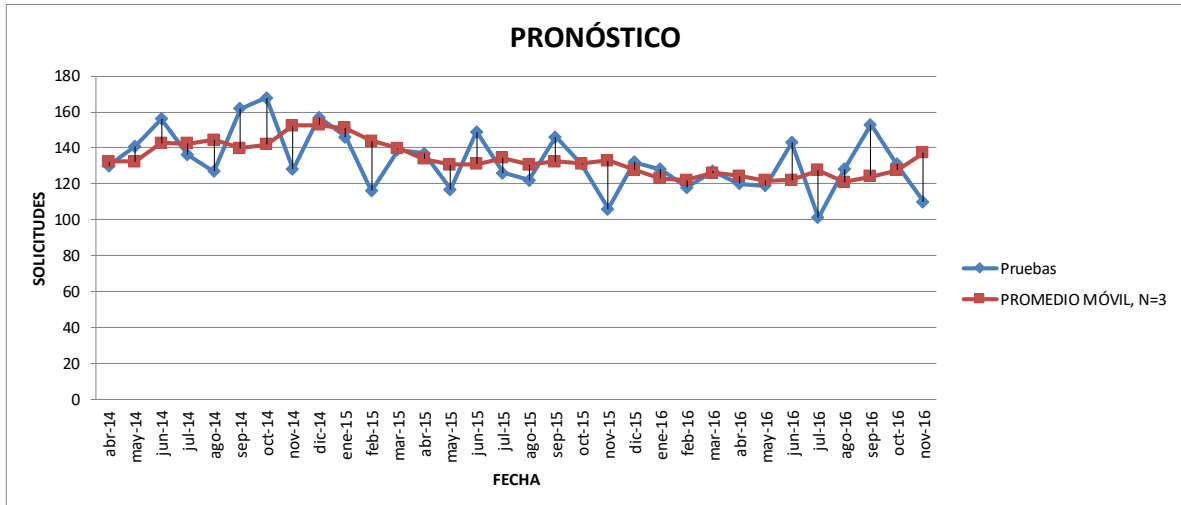
Excel:

| PROMEDIO MÓVIL, N=3 |         |                 |                        |        |         |          |
|---------------------|---------|-----------------|------------------------|--------|---------|----------|
| Fecha               | Pruebas | Pronóstico      | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| ene-14              | 130     | ---             | ---                    | ---    | ---     | ---      |
| feb-14              | 110     | ---             | ---                    | ---    | ---     | ---      |
| mar-14              | 157     | ---             | ---                    | ---    | ---     | ---      |
| abr-14              | 130     | 132.333         | -2.333                 | 2.333  | 5.444   | 1.795    |
| may-14              | 141     | 132.333         | 8.667                  | 8.667  | 75.111  | 6.147    |
| jun-14              | 156     | 142.667         | 13.333                 | 13.333 | 177.778 | 8.547    |
| jul-14              | 136     | 142.333         | -6.333                 | 6.333  | 40.111  | 4.657    |
| ago-14              | 127     | 144.333         | -17.333                | 17.333 | 300.444 | 13.648   |
| sep-14              | 162     | 139.667         | 22.333                 | 22.333 | 498.778 | 13.786   |
| oct-14              | 168     | 141.667         | 26.333                 | 26.333 | 693.444 | 15.675   |
| nov-14              | 128     | 152.333         | -24.333                | 24.333 | 592.111 | 19.010   |
| dic-14              | 157     | 152.667         | 4.333                  | 4.333  | 18.778  | 2.760    |
| ene-15              | 146     | 151.000         | -5.000                 | 5.000  | 25.000  | 3.425    |
| feb-15              | 116     | 143.667         | -27.667                | 27.667 | 765.444 | 23.851   |
| mar-15              | 139     | 139.667         | -0.667                 | 0.667  | 0.444   | 0.480    |
| abr-15              | 137     | 133.667         | 3.333                  | 3.333  | 11.111  | 2.433    |
| may-15              | 117     | 130.667         | -13.667                | 13.667 | 186.778 | 11.681   |
| jun-15              | 149     | 131.000         | 18.000                 | 18.000 | 324.000 | 12.081   |
| jul-15              | 126     | 134.333         | -8.333                 | 8.333  | 69.444  | 6.614    |
| ago-15              | 122     | 130.667         | -8.667                 | 8.667  | 75.111  | 7.104    |
| sep-15              | 146     | 132.333         | 13.667                 | 13.667 | 186.778 | 9.361    |
| oct-15              | 131     | 131.333         | -0.333                 | 0.333  | 0.111   | 0.254    |
| nov-15              | 106     | 133.000         | -27.000                | 27.000 | 729.000 | 25.472   |
| dic-15              | 132     | 127.667         | 4.333                  | 4.333  | 18.778  | 3.283    |
| ene-16              | 128     | 123.000         | 5.000                  | 5.000  | 25.000  | 3.906    |
| feb-16              | 118     | 122.000         | -4.000                 | 4.000  | 16.000  | 3.390    |
| mar-16              | 127     | 126.000         | 1.000                  | 1.000  | 1.000   | 0.787    |
| abr-16              | 120     | 124.333         | -4.333                 | 4.333  | 18.778  | 3.611    |
| may-16              | 119     | 121.667         | -2.667                 | 2.667  | 7.111   | 2.241    |
| jun-16              | 143     | 122.000         | 21.000                 | 21.000 | 441.000 | 14.685   |
| jul-16              | 101     | 127.333         | -26.333                | 26.333 | 693.444 | 26.073   |
| ago-16              | 128     | 121.000         | 7.000                  | 7.000  | 49.000  | 5.469    |
| sep-16              | 153     | 124.000         | 29.000                 | 29.000 | 841.000 | 18.954   |
| oct-16              | 131     | 127.333         | 3.667                  | 3.667  | 13.444  | 2.799    |
| nov-16              | 110     | 137.333         | -27.333                | 27.333 | 747.111 | 24.848   |
|                     |         | <b>Promedio</b> | -0.792                 | 12.104 | 238.965 | 9.338    |

**Minitab:**

|                             |         |           |          |          |
|-----------------------------|---------|-----------|----------|----------|
| Promedio móvil de C2        |         |           |          |          |
| Datos                       | C2      |           |          |          |
| Longitud                    | 35      |           |          |          |
| Número de valores faltantes |         |           |          | 0        |
| Promedio móvil              |         |           |          |          |
| Longitud                    | 3       |           |          |          |
| Medidas de exactitud        |         |           |          |          |
| MAPE                        | 9.338   |           |          |          |
| MAD                         | 12.104  |           |          |          |
| MSD                         | 238.965 |           |          |          |
| Tiempo                      | C2      | MA        | Predecir |          |
| 1                           | 130 *   |           | *        |          |
| 2                           | 110 *   |           | *        |          |
| 3                           | 157     | 132.333 * |          |          |
| 4                           | 130     | 132.333   | 132.333  | -2.3333  |
| 5                           | 141     | 142.667   | 132.333  | 8.6667   |
| 6                           | 156     | 142.333   | 142.667  | 13.3333  |
| 7                           | 136     | 144.333   | 142.333  | -6.3333  |
| 8                           | 127     | 139.667   | 144.333  | -17.3333 |
| 9                           | 162     | 141.667   | 139.667  | 22.3333  |
| 10                          | 168     | 152.333   | 141.667  | 26.3333  |
| 11                          | 128     | 152.667   | 152.333  | -24.3333 |
| 12                          | 157     | 151       | 152.667  | 4.3333   |
| 13                          | 146     | 143.667   | 151      | -5       |
| 14                          | 116     | 139.667   | 143.667  | -27.6667 |
| 15                          | 139     | 133.667   | 139.667  | -0.6667  |
| 16                          | 137     | 130.667   | 133.667  | 3.3333   |
| 17                          | 117     | 131       | 130.667  | -13.6667 |
| 18                          | 149     | 134.333   | 131      | 18       |
| 19                          | 126     | 130.667   | 134.333  | -8.3333  |
| 20                          | 122     | 132.333   | 130.667  | -8.6667  |
| 21                          | 146     | 131.333   | 132.333  | 13.6667  |
| 22                          | 131     | 133       | 131.333  | -0.3333  |
| 23                          | 106     | 127.667   | 133      | -27      |
| 24                          | 132     | 123       | 127.667  | 4.3333   |
| 25                          | 128     | 122       | 123      | 5        |
| 26                          | 118     | 126       | 122      | -4       |
| 27                          | 127     | 124.333   | 126      | 1        |
| 28                          | 120     | 121.667   | 124.333  | -4.3333  |
| 29                          | 119     | 122       | 121.667  | -2.6667  |
| 30                          | 143     | 127.333   | 122      | 21       |
| 31                          | 101     | 121       | 127.333  | -26.3333 |
| 32                          | 128     | 124       | 121      | 7        |
| 33                          | 153     | 127.333   | 124      | 29       |
| 34                          | 131     | 137.333   | 127.333  | 3.6667   |
| 35                          | 110     | 131.333   | 137.333  | -27.3333 |

**Gráficas:**



**Comparación:**

| Excel   | Minitab         | Diferencia (%) |
|---------|-----------------|----------------|
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| 132.333 | 132.333         | 0.000          |
| 132.333 | 132.333         | 0.000          |
| 142.667 | 142.667         | 0.000          |
| 142.333 | 142.333         | 0.000          |
| 144.333 | 144.333         | 0.000          |
| 139.667 | 139.667         | 0.000          |
| 141.667 | 141.667         | 0.000          |
| 152.333 | 152.333         | 0.000          |
| 152.667 | 152.667         | 0.000          |
| 151.000 | 151.000         | 0.000          |
| 143.667 | 143.667         | 0.000          |
| 139.667 | 139.667         | 0.000          |
| 133.667 | 133.667         | 0.000          |
| 130.667 | 130.667         | 0.000          |
| 131.000 | 131.000         | 0.000          |
| 134.333 | 134.333         | 0.000          |
| 130.667 | 130.667         | 0.000          |
| 132.333 | 132.333         | 0.000          |
| 131.333 | 131.333         | 0.000          |
| 133.000 | 133.000         | 0.000          |
| 127.667 | 127.667         | 0.000          |
| 123.000 | 123.000         | 0.000          |
| 122.000 | 122.000         | 0.000          |
| 126.000 | 126.000         | 0.000          |
| 124.333 | 124.333         | 0.000          |
| 121.667 | 121.667         | 0.000          |
| 122.000 | 122.000         | 0.000          |
| 127.333 | 127.333         | 0.000          |
| 121.000 | 121.000         | 0.000          |
| 124.000 | 124.000         | 0.000          |
| 127.333 | 127.333         | 0.000          |
| 137.333 | 137.333         | 0.000          |
|         | <b>Promedio</b> | -1.04E-05      |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.4 PROMEDIO MÓVIL, N=6

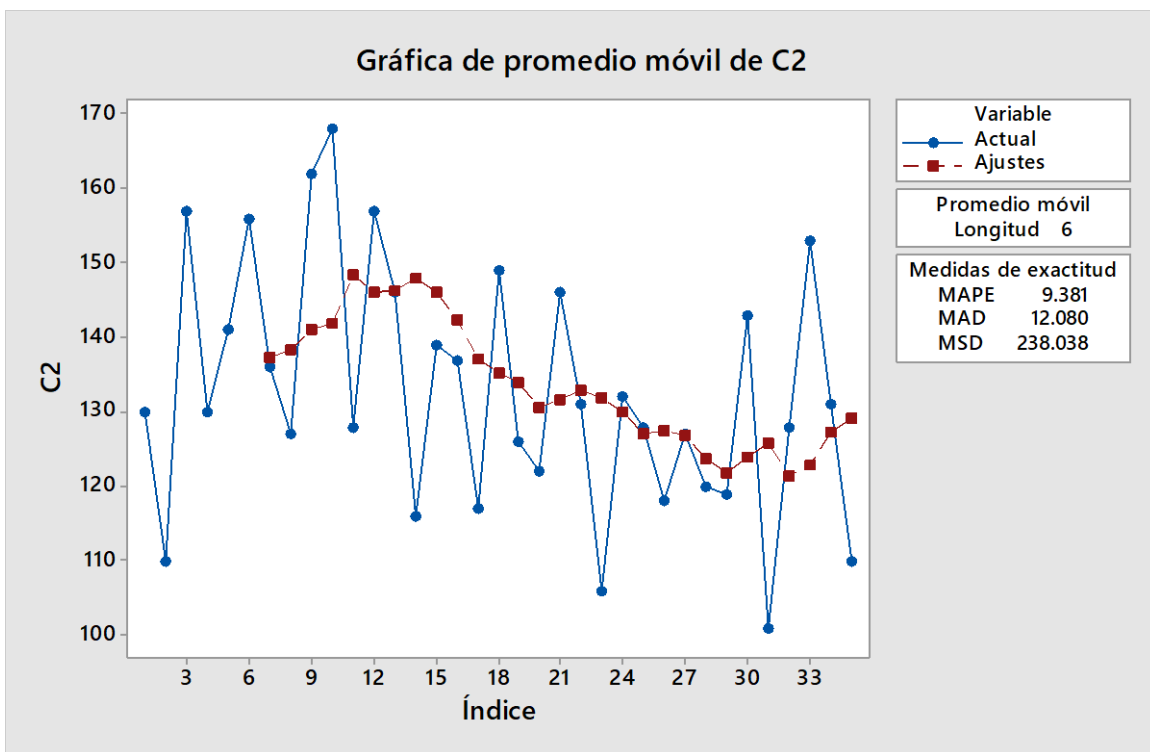
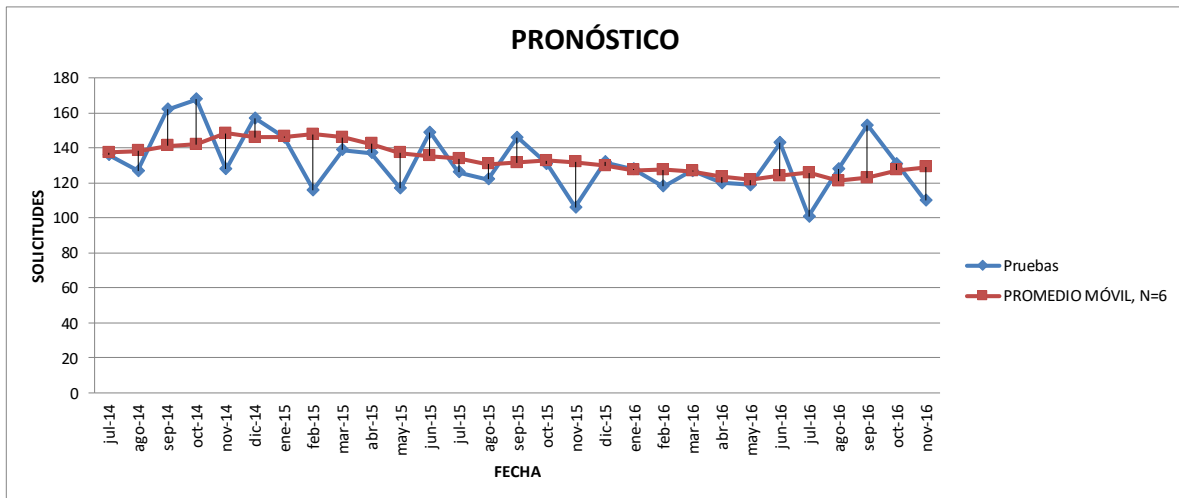
Excel:

| PROMEDIO MÓVIL, N=6 |         |                 |                        |        |          |          |
|---------------------|---------|-----------------|------------------------|--------|----------|----------|
| Fecha               | Pruebas | Pronóstico      | Error en el pronóstico | MAD    | MSE      | MAPE (%) |
| ene-14              | 130     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| feb-14              | 110     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| mar-14              | 157     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| abr-14              | 130     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| may-14              | 141     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| jun-14              | 156     | ---             | ---                    | ---    | ---      | ---      |
| jul-14              | 136     | 137.333         | -1.333                 | 1.333  | 1.778    | 0.980    |
| ago-14              | 127     | 138.333         | -11.333                | 11.333 | 128.444  | 8.924    |
| sep-14              | 162     | 141.167         | 20.833                 | 20.833 | 434.028  | 12.860   |
| oct-14              | 168     | 142.000         | 26.000                 | 26.000 | 676.000  | 15.476   |
| nov-14              | 128     | 148.333         | -20.333                | 20.333 | 413.444  | 15.885   |
| dic-14              | 157     | 146.167         | 10.833                 | 10.833 | 117.361  | 6.900    |
| ene-15              | 146     | 146.333         | -0.333                 | 0.333  | 0.111    | 0.228    |
| feb-15              | 116     | 148.000         | -32.000                | 32.000 | 1024.000 | 27.586   |
| mar-15              | 139     | 146.167         | -7.167                 | 7.167  | 51.361   | 5.156    |
| abr-15              | 137     | 142.333         | -5.333                 | 5.333  | 28.444   | 3.893    |
| may-15              | 117     | 137.167         | -20.167                | 20.167 | 406.694  | 17.236   |
| jun-15              | 149     | 135.333         | 13.667                 | 13.667 | 186.778  | 9.172    |
| jul-15              | 126     | 134.000         | -8.000                 | 8.000  | 64.000   | 6.349    |
| ago-15              | 122     | 130.667         | -8.667                 | 8.667  | 75.111   | 7.104    |
| sep-15              | 146     | 131.667         | 14.333                 | 14.333 | 205.444  | 9.817    |
| oct-15              | 131     | 132.833         | -1.833                 | 1.833  | 3.361    | 1.399    |
| nov-15              | 106     | 131.833         | -25.833                | 25.833 | 667.361  | 24.371   |
| dic-15              | 132     | 130.000         | 2.000                  | 2.000  | 4.000    | 1.515    |
| ene-16              | 128     | 127.167         | 0.833                  | 0.833  | 0.694    | 0.651    |
| feb-16              | 118     | 127.500         | -9.500                 | 9.500  | 90.250   | 8.051    |
| mar-16              | 127     | 126.833         | 0.167                  | 0.167  | 0.028    | 0.131    |
| abr-16              | 120     | 123.667         | -3.667                 | 3.667  | 13.444   | 3.056    |
| may-16              | 119     | 121.833         | -2.833                 | 2.833  | 8.028    | 2.381    |
| jun-16              | 143     | 124.000         | 19.000                 | 19.000 | 361.000  | 13.287   |
| jul-16              | 101     | 125.833         | -24.833                | 24.833 | 616.694  | 24.587   |
| ago-16              | 128     | 121.333         | 6.667                  | 6.667  | 44.444   | 5.208    |
| sep-16              | 153     | 123.000         | 30.000                 | 30.000 | 900.000  | 19.608   |
| oct-16              | 131     | 127.333         | 3.667                  | 3.667  | 13.444   | 2.799    |
| nov-16              | 110     | 129.167         | -19.167                | 19.167 | 367.361  | 17.424   |
|                     |         | <b>Promedio</b> | -1.874                 | 12.080 | 238.038  | 9.381    |

**Minitab:**

|                      |       |         |           |                  |
|----------------------|-------|---------|-----------|------------------|
| Promedio             | móvil | de      | C2        |                  |
| Datos                | C2    |         |           |                  |
| Longitud             |       | 35      |           |                  |
| Número               | de    | valores | faltantes | 0                |
| Promedio móvil       |       |         |           |                  |
| Longitud             |       | 6       |           |                  |
| Medidas de exactitud |       |         |           |                  |
| MAPE                 |       | 9.381   |           |                  |
| MAD                  |       | 12.08   |           |                  |
| MSD                  |       | 238.038 |           |                  |
| Tiempo               | C2    | MA      | Predecir  |                  |
|                      | 1     | 130 *   | *         |                  |
|                      | 2     | 110 *   | *         |                  |
|                      | 3     | 157 *   | *         |                  |
|                      | 4     | 130 *   | *         |                  |
|                      | 5     | 141 *   | *         |                  |
|                      | 6     | 156     | 137.333 * |                  |
|                      | 7     | 136     | 138.333   | 137.333 -1.3333  |
|                      | 8     | 127     | 141.167   | 138.333 -11.3333 |
|                      | 9     | 162     | 142       | 141.167 20.8333  |
|                      | 10    | 168     | 148.333   | 142 26           |
|                      | 11    | 128     | 146.167   | 148.333 -20.3333 |
|                      | 12    | 157     | 146.333   | 146.167 10.8333  |
|                      | 13    | 146     | 148       | 146.333 -0.3333  |
|                      | 14    | 116     | 146.167   | 148 -32          |
|                      | 15    | 139     | 142.333   | 146.167 -7.1667  |
|                      | 16    | 137     | 137.167   | 142.333 -5.3333  |
|                      | 17    | 117     | 135.333   | 137.167 -20.1667 |
|                      | 18    | 149     | 134       | 135.333 13.6667  |
|                      | 19    | 126     | 130.667   | 134 -8           |
|                      | 20    | 122     | 131.667   | 130.667 -8.6667  |
|                      | 21    | 146     | 132.833   | 131.667 14.3333  |
|                      | 22    | 131     | 131.833   | 132.833 -1.8333  |
|                      | 23    | 106     | 130       | 131.833 -25.8333 |
|                      | 24    | 132     | 127.167   | 130 2            |
|                      | 25    | 128     | 127.5     | 127.167 0.8333   |
|                      | 26    | 118     | 126.833   | 127.5 -9.5       |
|                      | 27    | 127     | 123.667   | 126.833 0.1667   |
|                      | 28    | 120     | 121.833   | 123.667 -3.6667  |
|                      | 29    | 119     | 124       | 121.833 -2.8333  |
|                      | 30    | 143     | 125.833   | 124 19           |
|                      | 31    | 101     | 121.333   | 125.833 -24.8333 |
|                      | 32    | 128     | 123       | 121.333 6.6667   |
|                      | 33    | 153     | 127.333   | 123 30           |
|                      | 34    | 131     | 129.167   | 127.333 3.6667   |
|                      | 35    | 110     | 127.667   | 129.167 -19.1667 |

## Gráficas:





**Comparación:**

| Excel   | Minitab         | Diferencia (%) |
|---------|-----------------|----------------|
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| ---     | *               | ---            |
| 137.333 | 137.333         | 0.000          |
| 138.333 | 138.333         | 0.000          |
| 141.167 | 141.167         | 0.000          |
| 142.000 | 142.000         | 0.000          |
| 148.333 | 148.333         | 0.000          |
| 146.167 | 146.167         | 0.000          |
| 146.333 | 146.333         | 0.000          |
| 148.000 | 148.000         | 0.000          |
| 146.167 | 146.167         | 0.000          |
| 142.333 | 142.333         | 0.000          |
| 137.167 | 137.167         | 0.000          |
| 135.333 | 135.333         | 0.000          |
| 134.000 | 134.000         | 0.000          |
| 130.667 | 130.667         | 0.000          |
| 131.667 | 131.667         | 0.000          |
| 132.833 | 132.833         | 0.000          |
| 131.833 | 131.833         | 0.000          |
| 130.000 | 130.000         | 0.000          |
| 127.167 | 127.167         | 0.000          |
| 127.500 | 127.500         | 0.000          |
| 126.833 | 126.833         | 0.000          |
| 123.667 | 123.667         | 0.000          |
| 121.833 | 121.833         | 0.000          |
| 124.000 | 124.000         | 0.000          |
| 125.833 | 125.833         | 0.000          |
| 121.333 | 121.333         | 0.000          |
| 123.000 | 123.000         | 0.000          |
| 127.333 | 127.333         | 0.000          |
| 129.167 | 129.167         | 0.000          |
|         | <b>Promedio</b> | -4.60E-05      |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.5 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$

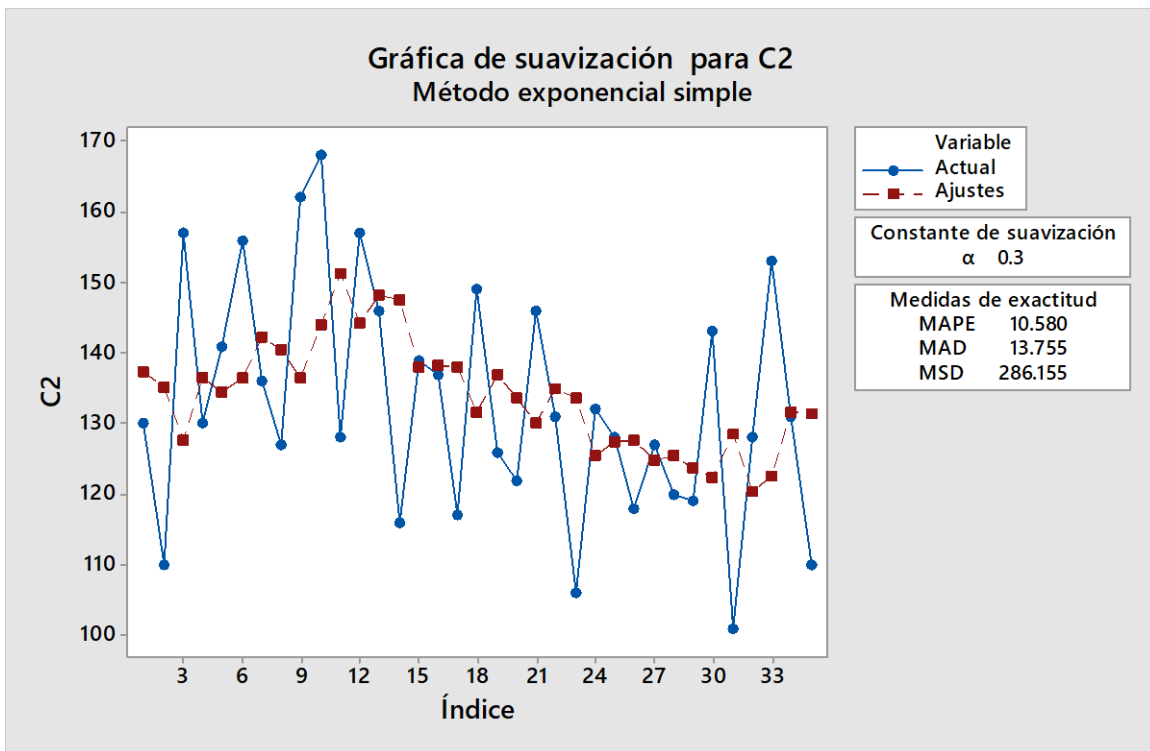
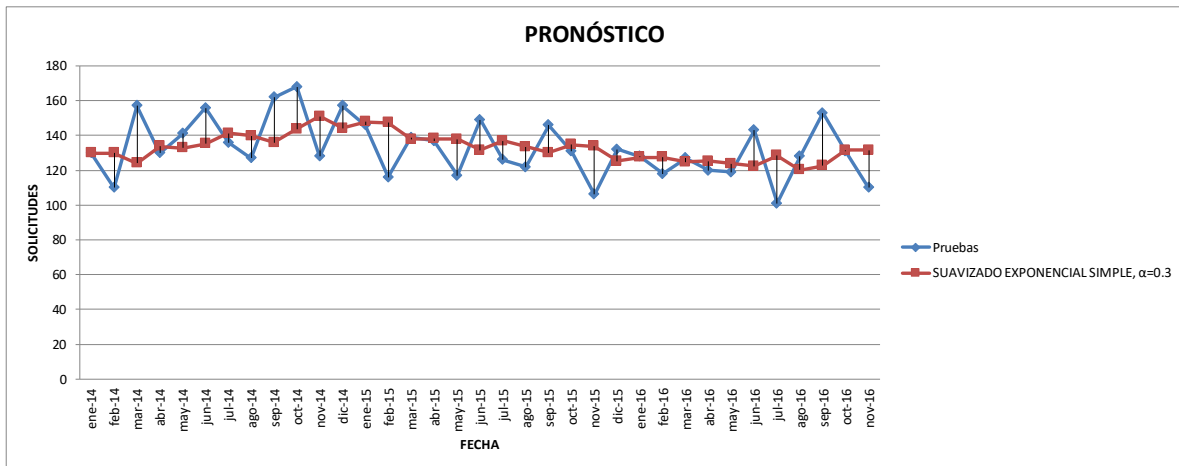
Excel:

| $\alpha=$ | 0.3     | SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.3$ |                        |        |         |          |
|-----------|---------|--|------------------------|--------|---------|----------|
| Fecha     | Pruebas | Pronóstico                                 | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| ene-14    | 130     | 130.00                                     | 0                      | 0.00   | 0.00    | 0.0      |
| feb-14    | 110     | 130.00                                     | -20                    | 20.00  | 400.00  | 18.2     |
| mar-14    | 157     | 124.00                                     | 33                     | 33.00  | 1089.00 | 21.0     |
| abr-14    | 130     | 133.90                                     | -4                     | 3.90   | 15.21   | 3.0      |
| may-14    | 141     | 132.73                                     | 8                      | 8.27   | 68.39   | 5.9      |
| jun-14    | 156     | 135.21                                     | 21                     | 20.79  | 432.18  | 13.3     |
| jul-14    | 136     | 141.45                                     | -5                     | 5.45   | 29.68   | 4.0      |
| ago-14    | 127     | 139.81                                     | -13                    | 12.81  | 164.18  | 10.1     |
| sep-14    | 162     | 135.97                                     | 26                     | 26.03  | 677.59  | 16.1     |
| oct-14    | 168     | 143.78                                     | 24                     | 24.22  | 586.68  | 14.4     |
| nov-14    | 128     | 151.04                                     | -23                    | 23.04  | 531.07  | 18.0     |
| dic-14    | 157     | 144.13                                     | 13                     | 12.87  | 165.60  | 8.2      |
| ene-15    | 146     | 147.99                                     | -2                     | 1.99   | 3.97    | 1.4      |
| feb-15    | 116     | 147.39                                     | -31                    | 31.39  | 985.61  | 27.1     |
| mar-15    | 139     | 137.98                                     | 1                      | 1.02   | 1.05    | 0.7      |
| abr-15    | 137     | 138.28                                     | -1                     | 1.28   | 1.65    | 0.9      |
| may-15    | 117     | 137.90                                     | -21                    | 20.90  | 436.74  | 17.9     |
| jun-15    | 149     | 131.63                                     | 17                     | 17.37  | 301.76  | 11.7     |
| jul-15    | 126     | 136.84                                     | -11                    | 10.84  | 117.51  | 8.6      |
| ago-15    | 122     | 133.59                                     | -12                    | 11.59  | 134.28  | 9.5      |
| sep-15    | 146     | 130.11                                     | 16                     | 15.89  | 252.44  | 10.9     |
| oct-15    | 131     | 134.88                                     | -4                     | 3.88   | 15.04   | 3.0      |
| nov-15    | 106     | 133.71                                     | -28                    | 27.71  | 768.11  | 26.1     |
| dic-15    | 132     | 125.40                                     | 7                      | 6.60   | 43.56   | 5.0      |
| ene-16    | 128     | 127.38                                     | 1                      | 0.62   | 0.38    | 0.5      |
| feb-16    | 118     | 127.57                                     | -10                    | 9.57   | 91.51   | 8.1      |
| mar-16    | 127     | 124.70                                     | 2                      | 2.30   | 5.31    | 1.8      |
| abr-16    | 120     | 125.39                                     | -5                     | 5.39   | 29.02   | 4.5      |
| may-16    | 119     | 123.77                                     | -5                     | 4.77   | 22.76   | 4.0      |
| jun-16    | 143     | 122.34                                     | 21                     | 20.66  | 426.84  | 14.4     |
| jul-16    | 101     | 128.54                                     | -28                    | 27.54  | 758.33  | 27.3     |
| ago-16    | 128     | 120.28                                     | 8                      | 7.72   | 59.65   | 6.0      |
| sep-16    | 153     | 122.59                                     | 30                     | 30.41  | 924.55  | 19.9     |
| oct-16    | 131     | 131.72                                     | -1                     | 0.72   | 0.51    | 0.5      |
| nov-16    | 110     | 131.50                                     | -22                    | 21.50  | 462.29  | 19.5     |
|           |         | Promedio                                   | -0.471372194           | 13.487 | 285.784 | 10.328   |

**Minitab:**

|                          |             |          |          |          |
|--------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| Suavización              | exponencial | simple   | para     | C2       |
| Datos                    | C2          |          |          |          |
| Longitud                 | 35          |          |          |          |
| Constante de suavización |             |          |          |          |
| $\alpha$                 | 0.3         |          |          |          |
| Medidas de exactitud     |             |          |          |          |
| MAPE                     | 10.580      |          |          |          |
| MAD                      | 13.755      |          |          |          |
| MSD                      | 286.155     |          |          |          |
| Tiempo                   | C2          | Suavizar | Predecir | Error    |
| 1                        | 130         | 135.133  | 137.333  | -7.3333  |
| 2                        | 110         | 127.593  | 135.133  | -25.1333 |
| 3                        | 157         | 136.415  | 127.593  | 29.4067  |
| 4                        | 130         | 134.491  | 136.415  | -6.4153  |
| 5                        | 141         | 136.444  | 134.491  | 6.5093   |
| 6                        | 156         | 142.31   | 136.444  | 19.5565  |
| 7                        | 136         | 140.417  | 142.31   | -6.3105  |
| 8                        | 127         | 136.392  | 140.417  | -13.4173 |
| 9                        | 162         | 144.074  | 136.392  | 25.6079  |
| 10                       | 168         | 151.252  | 144.074  | 23.9255  |
| 11                       | 128         | 144.276  | 151.252  | -23.2521 |
| 12                       | 157         | 148.094  | 144.276  | 12.7235  |
| 13                       | 146         | 147.465  | 148.094  | -2.0935  |
| 14                       | 116         | 138.026  | 147.465  | -31.4655 |
| 15                       | 139         | 138.318  | 138.026  | 0.9742   |
| 16                       | 137         | 137.923  | 138.318  | -1.3181  |
| 17                       | 117         | 131.646  | 137.923  | -20.9227 |
| 18                       | 149         | 136.852  | 131.646  | 17.3541  |
| 19                       | 126         | 133.596  | 136.852  | -10.8521 |
| 20                       | 122         | 130.118  | 133.596  | -11.5965 |
| 21                       | 146         | 134.882  | 130.118  | 15.8825  |
| 22                       | 131         | 133.718  | 134.882  | -3.8823  |
| 23                       | 106         | 125.402  | 133.718  | -27.7176 |
| 24                       | 132         | 127.382  | 125.402  | 6.5977   |
| 25                       | 128         | 127.567  | 127.382  | 0.6184   |
| 26                       | 118         | 124.697  | 127.567  | -9.5671  |
| 27                       | 127         | 125.388  | 124.697  | 2.303    |
| 28                       | 120         | 123.772  | 125.388  | -5.3879  |
| 29                       | 119         | 122.34   | 123.772  | -4.7715  |
| 30                       | 143         | 128.538  | 122.34   | 20.6599  |
| 31                       | 101         | 120.277  | 128.538  | -27.538  |
| 32                       | 128         | 122.594  | 120.277  | 7.7234   |
| 33                       | 153         | 131.716  | 122.594  | 30.4064  |
| 34                       | 131         | 131.501  | 131.716  | -0.7156  |
| 35                       | 110         | 125.051  | 131.501  | -21.5009 |

## Gráficas:



**Comparación:**

| <b>Excel</b> | <b>Minitab</b> | <b>Diferencia (%)</b> |
|--------------|----------------|-----------------------|
| 130          | 137.333        | 10.071                |
| 130          | 135.133        | 6.936                 |
| 124          | 127.593        | 4.584                 |
| 133.900      | 136.415        | 3.431                 |
| 132.730      | 134.491        | 2.368                 |
| 135.211      | 136.444        | 1.682                 |
| 141.448      | 142.310        | 1.227                 |
| 139.813      | 140.417        | 0.848                 |
| 135.969      | 136.392        | 0.576                 |
| 143.779      | 144.074        | 0.426                 |
| 151.045      | 151.252        | 0.313                 |
| 144.131      | 144.276        | 0.208                 |
| 147.992      | 148.094        | 0.151                 |
| 147.394      | 147.465        | 0.104                 |
| 137.976      | 138.026        | 0.069                 |
| 138.283      | 138.318        | 0.048                 |
| 137.898      | 137.923        | 0.034                 |
| 131.629      | 131.646        | 0.023                 |
| 136.840      | 136.852        | 0.016                 |
| 133.588      | 133.596        | 0.011                 |
| 130.112      | 130.118        | 0.008                 |
| 134.878      | 134.882        | 0.005                 |
| 133.715      | 133.718        | 0.004                 |
| 125.400      | 125.402        | 0.002                 |
| 127.380      | 127.382        | 0.002                 |
| 127.566      | 127.567        | 0.001                 |
| 124.696      | 124.697        | 0.001                 |
| 125.387      | 125.388        | 0.001                 |
| 123.771      | 123.772        | 0.001                 |
| 122.340      | 122.340        | 0.000                 |
| 128.538      | 128.538        | 0.000                 |
| 120.277      | 120.277        | 0.001                 |
| 122.594      | 122.594        | 0.001                 |
| 131.715      | 131.716        | 0.001                 |
| 131.501      | 131.501        | 0.000                 |
|              | Promedio       | 6.79E-01              |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.6 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, $\alpha=0.5$

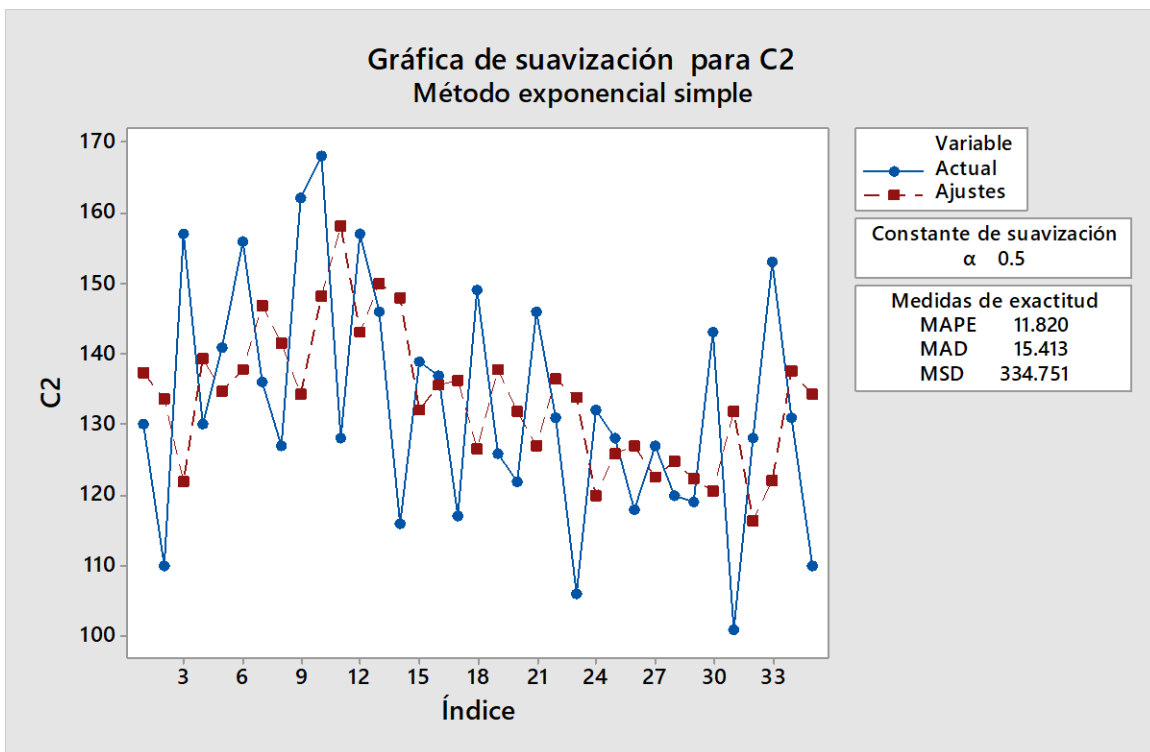
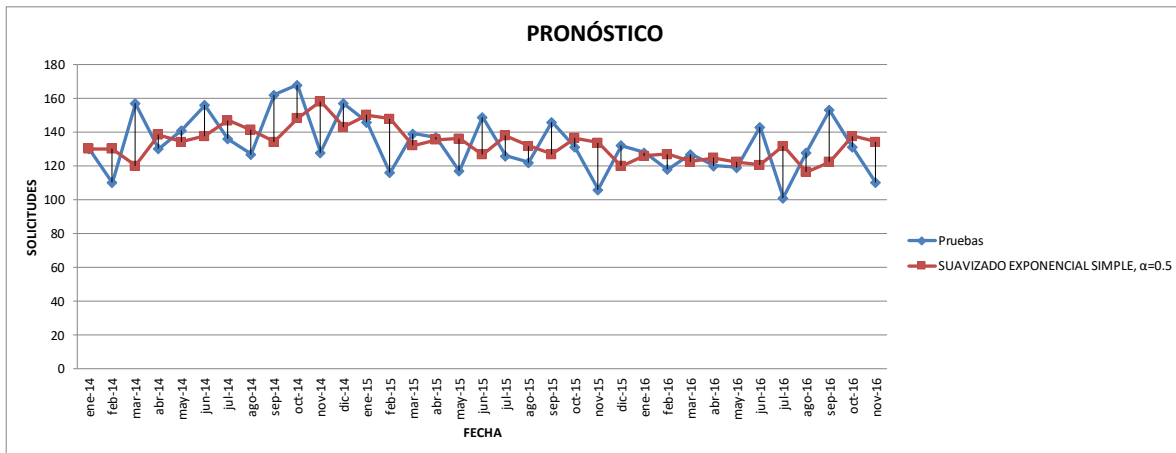
Excel:

| $\alpha=$ | 0.5     | <b>SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE, <math>\alpha=0.5</math></b> |                        |        |         |          |
|-----------|---------|--|------------------------|--------|---------|----------|
| Fecha     | Pruebas | Pronóstico   | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| ene-14    | 130     | 130.00   | 0                      | 0.00   | 0.00    | 0.0      |
| feb-14    | 110     | 130.00   | -20                    | 20.00  | 400.00  | 18.2     |
| mar-14    | 157     | 120.00   | 37                     | 37.00  | 1369.00 | 23.6     |
| abr-14    | 130     | 138.50   | -9                     | 8.50   | 72.25   | 6.5      |
| may-14    | 141     | 134.25   | 7                      | 6.75   | 45.56   | 4.8      |
| jun-14    | 156     | 137.63   | 18                     | 18.38  | 337.64  | 11.8     |
| jul-14    | 136     | 146.81   | -11                    | 10.81  | 116.91  | 8.0      |
| ago-14    | 127     | 141.41   | -14                    | 14.41  | 207.54  | 11.3     |
| sep-14    | 162     | 134.20   | 28                     | 27.80  | 772.67  | 17.2     |
| oct-14    | 168     | 148.10   | 20                     | 19.90  | 395.95  | 11.8     |
| nov-14    | 128     | 158.05   | -30                    | 30.05  | 903.05  | 23.5     |
| dic-14    | 157     | 143.03   | 14                     | 13.97  | 195.29  | 8.9      |
| ene-15    | 146     | 150.01   | -4                     | 4.01   | 16.10   | 2.7      |
| feb-15    | 116     | 148.01   | -32                    | 32.01  | 1024.41 | 27.6     |
| mar-15    | 139     | 132.00   | 7                      | 7.00   | 48.96   | 5.0      |
| abr-15    | 137     | 135.50   | 1                      | 1.50   | 2.25    | 1.1      |
| may-15    | 117     | 136.25   | -19                    | 19.25  | 370.59  | 16.5     |
| jun-15    | 149     | 126.63   | 22                     | 22.37  | 500.62  | 15.0     |
| jul-15    | 126     | 137.81   | -12                    | 11.81  | 139.54  | 9.4      |
| ago-15    | 122     | 131.91   | -10                    | 9.91   | 98.14   | 8.1      |
| sep-15    | 146     | 126.95   | 19                     | 19.05  | 362.78  | 13.0     |
| oct-15    | 131     | 136.48   | -5                     | 5.48   | 29.99   | 4.2      |
| nov-15    | 106     | 133.74   | -28                    | 27.74  | 769.41  | 26.2     |
| dic-15    | 132     | 119.87   | 12                     | 12.13  | 147.16  | 9.2      |
| ene-16    | 128     | 125.93   | 2                      | 2.07   | 4.27    | 1.6      |
| feb-16    | 118     | 126.97   | -9                     | 8.97   | 80.41   | 7.6      |
| mar-16    | 127     | 122.48   | 5                      | 4.52   | 20.40   | 3.6      |
| abr-16    | 120     | 124.74   | -5                     | 4.74   | 22.48   | 4.0      |
| may-16    | 119     | 122.37   | -3                     | 3.37   | 11.36   | 2.8      |
| jun-16    | 143     | 120.69   | 22                     | 22.31  | 497.94  | 15.6     |
| jul-16    | 101     | 131.84   | -31                    | 30.84  | 951.27  | 30.5     |
| ago-16    | 128     | 116.42   | 12                     | 11.58  | 134.06  | 9.0      |
| sep-16    | 153     | 122.21   | 31                     | 30.79  | 947.98  | 20.1     |
| oct-16    | 131     | 137.61   | -7                     | 6.61   | 43.63   | 5.0      |
| nov-16    | 110     | 134.30   | -24                    | 24.30  | 590.62  | 22.1     |
|           |         | Promedio   | -0.448                 | 15.140 | 332.292 | 11.5870  |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple para C2 |         |          |          |          |
|--|---------|----------|----------|----------|
| Datos                                  | C2      |          |          |          |
| Longitud                               | 35      |          |          |          |
| Constante de suavización               |         |          |          |          |
| $\alpha$                               | 0.5     |          |          |          |
| Medidas de exactitud                   |         |          |          |          |
| MAPE                                   | 11.820  |          |          |          |
| MAD                                    | 15.413  |          |          |          |
| MSD                                    | 334.751 |          |          |          |
| Tiempo                                 | C2      | Suavizar | Predecir | Error    |
| 1                                      | 130     | 133.667  | 137.333  | -7.3333  |
| 2                                      | 110     | 121.833  | 133.667  | -23.6667 |
| 3                                      | 157     | 139.417  | 121.833  | 35.1667  |
| 4                                      | 130     | 134.708  | 139.417  | -9.4167  |
| 5                                      | 141     | 137.854  | 134.708  | 6.2917   |
| 6                                      | 156     | 146.927  | 137.854  | 18.1458  |
| 7                                      | 136     | 141.464  | 146.927  | -10.9271 |
| 8                                      | 127     | 134.232  | 141.464  | -14.4635 |
| 9                                      | 162     | 148.116  | 134.232  | 27.7682  |
| 10                                     | 168     | 158.058  | 148.116  | 19.8841  |
| 11                                     | 128     | 143.029  | 158.058  | -30.0579 |
| 12                                     | 157     | 150.014  | 143.029  | 13.971   |
| 13                                     | 146     | 148.007  | 150.014  | -4.0145  |
| 14                                     | 116     | 132.004  | 148.007  | -32.0072 |
| 15                                     | 139     | 135.502  | 132.004  | 6.9964   |
| 16                                     | 137     | 136.251  | 135.502  | 1.4982   |
| 17                                     | 117     | 126.625  | 136.251  | -19.2509 |
| 18                                     | 149     | 137.813  | 126.625  | 22.3745  |
| 19                                     | 126     | 131.906  | 137.813  | -11.8127 |
| 20                                     | 122     | 126.953  | 131.906  | -9.9064  |
| 21                                     | 146     | 136.477  | 126.953  | 19.0468  |
| 22                                     | 131     | 133.738  | 136.477  | -5.4766  |
| 23                                     | 106     | 119.869  | 133.738  | -27.7383 |
| 24                                     | 132     | 125.935  | 119.869  | 12.1309  |
| 25                                     | 128     | 126.967  | 125.935  | 2.0654   |
| 26                                     | 118     | 122.484  | 126.967  | -8.9673  |
| 27                                     | 127     | 124.742  | 122.484  | 4.5164   |
| 28                                     | 120     | 122.371  | 124.742  | -4.7418  |
| 29                                     | 119     | 120.685  | 122.371  | -3.3709  |
| 30                                     | 143     | 131.843  | 120.685  | 22.3145  |
| 31                                     | 101     | 116.421  | 131.843  | -30.8427 |
| 32                                     | 128     | 122.211  | 116.421  | 11.5786  |
| 33                                     | 153     | 137.605  | 122.211  | 30.7893  |
| 34                                     | 131     | 134.303  | 137.605  | -6.6053  |
| 35                                     | 110     | 122.151  | 134.303  | -24.3027 |

**Gráficas:**





**Comparación:**

| <b>Excel</b> | <b>Minitab</b> | <b>Diferencia (%)</b> |
|--------------|----------------|-----------------------|
| 130          | 137.333        | 10.071                |
| 130          | 133.667        | 4.902                 |
| 120          | 121.833        | 2.233                 |
| 138.500      | 139.417        | 1.278                 |
| 134.250      | 134.708        | 0.617                 |
| 137.625      | 137.854        | 0.316                 |
| 146.813      | 146.927        | 0.168                 |
| 141.406      | 141.464        | 0.082                 |
| 134.203      | 134.232        | 0.039                 |
| 148.102      | 148.116        | 0.021                 |
| 158.051      | 158.058        | 0.011                 |
| 143.025      | 143.029        | 0.005                 |
| 150.013      | 150.014        | 0.002                 |
| 148.006      | 148.007        | 0.001                 |
| 132.003      | 132.004        | 0.001                 |
| 135.502      | 135.502        | 0.001                 |
| 136.251      | 136.251        | 0.000                 |
| 126.625      | 126.625        | -0.001                |
| 137.813      | 137.813        | 0.000                 |
| 131.906      | 131.906        | 0.000                 |
| 126.953      | 126.953        | 0.000                 |
| 136.477      | 136.477        | 0.001                 |
| 133.738      | 133.738        | 0.000                 |
| 119.869      | 119.869        | 0.000                 |
| 125.935      | 125.935        | 0.001                 |
| 126.967      | 126.967        | 0.000                 |
| 122.484      | 122.484        | 0.000                 |
| 124.742      | 124.742        | 0.000                 |
| 122.371      | 122.371        | 0.000                 |
| 120.685      | 120.685        | -0.001                |
| 131.843      | 131.843        | 0.000                 |
| 116.421      | 116.421        | 0.000                 |
| 122.211      | 122.211        | 0.000                 |
| 137.605      | 137.605        | 0.000                 |
| 134.303      | 134.303        | 0.000                 |
|              | Promedio       | 2.85E-01              |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.7 SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER), $\alpha= 0.13225436$

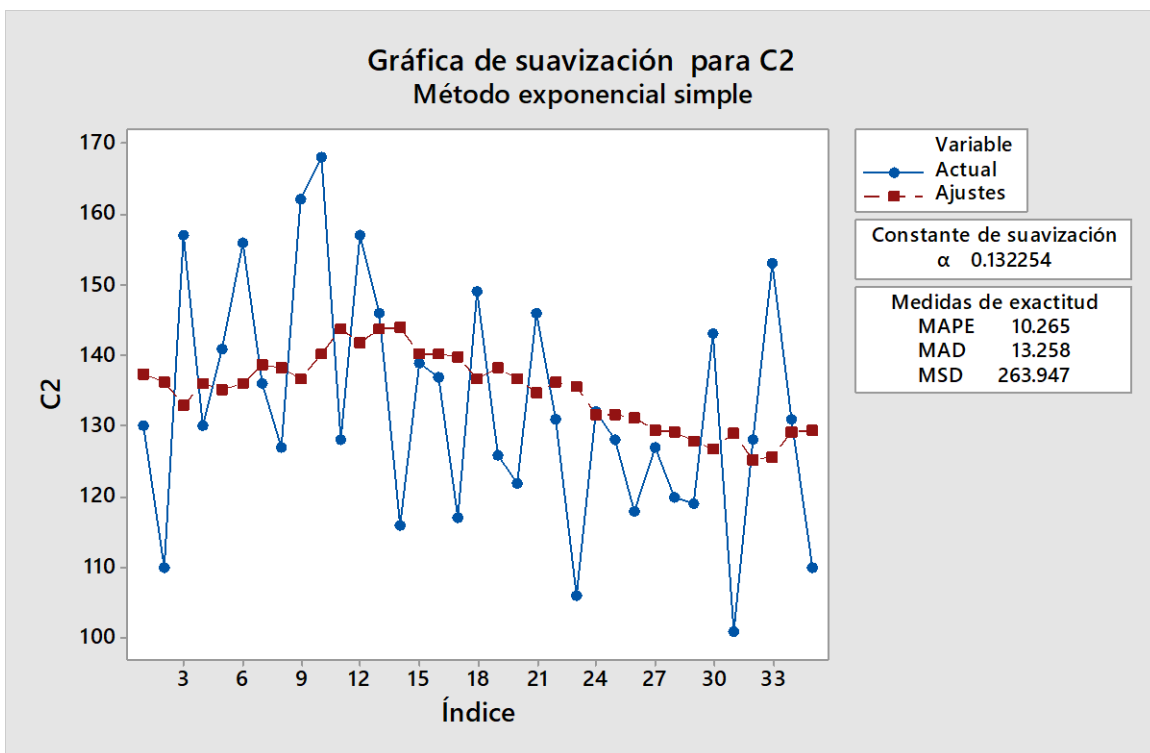
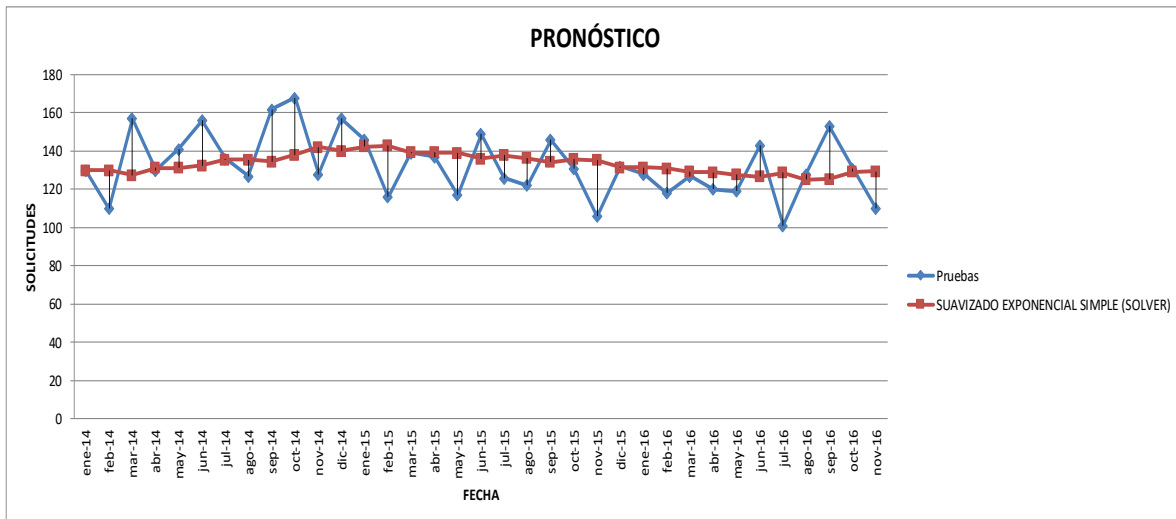
Excel:

| $\alpha=$ | 0.13225436 | SUAVIZADO EXPONENCIAL SIMPLE (SOLVER) |                        |        |         |          |
|-----------|------------|---------------------------------------|------------------------|--------|---------|----------|
| Fecha     | Pruebas    | Pronóstico                            | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| ene-14    | 130        | 130.00                                | 0                      | 0.00   | 0.00    | 0.0      |
| feb-14    | 110        | 130.00                                | -20                    | 20.00  | 400.00  | 18.2     |
| mar-14    | 157        | 127.35                                | 30                     | 29.65  | 878.83  | 18.9     |
| abr-14    | 130        | 131.28                                | -1                     | 1.28   | 1.63    | 1.0      |
| may-14    | 141        | 131.11                                | 10                     | 9.89   | 97.87   | 7.0      |
| jun-14    | 156        | 132.42                                | 24                     | 23.58  | 556.24  | 15.1     |
| jul-14    | 136        | 135.53                                | 0                      | 0.47   | 0.22    | 0.3      |
| ago-14    | 127        | 135.60                                | -9                     | 8.60   | 73.89   | 6.8      |
| sep-14    | 162        | 134.46                                | 28                     | 27.54  | 758.50  | 17.0     |
| oct-14    | 168        | 138.10                                | 30                     | 29.90  | 893.92  | 17.8     |
| nov-14    | 128        | 142.06                                | -14                    | 14.06  | 197.56  | 11.0     |
| dic-14    | 157        | 140.20                                | 17                     | 16.80  | 282.35  | 10.7     |
| ene-15    | 146        | 142.42                                | 4                      | 3.58   | 12.82   | 2.5      |
| feb-15    | 116        | 142.89                                | -27                    | 26.89  | 723.22  | 23.2     |
| mar-15    | 139        | 139.34                                | 0                      | 0.34   | 0.11    | 0.2      |
| abr-15    | 137        | 139.29                                | -2                     | 2.29   | 5.25    | 1.7      |
| may-15    | 117        | 138.99                                | -22                    | 21.99  | 483.50  | 18.8     |
| jun-15    | 149        | 136.08                                | 13                     | 12.92  | 166.91  | 8.7      |
| jul-15    | 126        | 137.79                                | -12                    | 11.79  | 138.98  | 9.4      |
| ago-15    | 122        | 136.23                                | -14                    | 14.23  | 202.49  | 11.7     |
| sep-15    | 146        | 134.35                                | 12                     | 11.65  | 135.77  | 8.0      |
| oct-15    | 131        | 135.89                                | -5                     | 4.89   | 23.90   | 3.7      |
| nov-15    | 106        | 135.24                                | -29                    | 29.24  | 855.12  | 27.6     |
| dic-15    | 132        | 131.37                                | 1                      | 0.63   | 0.39    | 0.5      |
| ene-16    | 128        | 131.46                                | -3                     | 3.46   | 11.96   | 2.7      |
| feb-16    | 118        | 131.00                                | -13                    | 13.00  | 169.01  | 11.0     |
| mar-16    | 127        | 129.28                                | -2                     | 2.28   | 5.20    | 1.8      |
| abr-16    | 120        | 128.98                                | -9                     | 8.98   | 80.63   | 7.5      |
| may-16    | 119        | 127.79                                | -9                     | 8.79   | 77.30   | 7.4      |
| jun-16    | 143        | 126.63                                | 16                     | 16.37  | 268.01  | 11.4     |
| jul-16    | 101        | 128.79                                | -28                    | 27.79  | 772.52  | 27.5     |
| ago-16    | 128        | 125.12                                | 3                      | 2.88   | 8.30    | 2.3      |
| sep-16    | 153        | 125.50                                | 28                     | 27.50  | 756.28  | 18.0     |
| oct-16    | 131        | 129.14                                | 2                      | 1.86   | 3.47    | 1.4      |
| nov-16    | 110        | 129.38                                | -19                    | 19.38  | 375.70  | 17.6     |
|           |            | Promedio                              | -0.687                 | 12.985 | 269.081 | 9.948    |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple |          | para C2  |          |         |          |
|--------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|
| Datos                          | C2       |          |          |         |          |
| Longitud                       | 35       |          |          |         |          |
| Constante de suavización       |          |          |          |         |          |
| $\alpha$                       | 0.132254 |          |          |         |          |
| Medidas de exactitud           |          |          |          |         |          |
| MAPE                           | 10.265   |          |          |         |          |
| MAD                            | 13.258   |          |          |         |          |
| MSD                            | 263.947  |          |          |         |          |
| Tiempo                         | C2       | Suavizar | Predecir | Error   |          |
| 1                              |          | 130      | 136.363  | 137.333 | -7.3333  |
| 2                              |          | 110      | 132.877  | 136.363 | -26.3635 |
| 3                              |          | 157      | 136.067  | 132.877 | 24.1232  |
| 4                              |          | 130      | 135.265  | 136.067 | -6.0672  |
| 5                              |          | 141      | 136.023  | 135.265 | 5.7352   |
| 6                              |          | 156      | 138.665  | 136.023 | 19.9767  |
| 7                              |          | 136      | 138.313  | 138.665 | -2.6653  |
| 8                              |          | 127      | 136.817  | 138.313 | -11.3128 |
| 9                              |          | 162      | 140.147  | 136.817 | 25.1834  |
| 10                             |          | 168      | 143.831  | 140.147 | 27.8528  |
| 11                             |          | 128      | 141.737  | 143.831 | -15.8309 |
| 12                             |          | 157      | 143.756  | 141.737 | 15.2628  |
| 13                             |          | 146      | 144.053  | 143.756 | 2.2442   |
| 14                             |          | 116      | 140.342  | 144.053 | -28.0526 |
| 15                             |          | 139      | 140.165  | 140.342 | -1.3425  |
| 16                             |          | 137      | 139.746  | 140.165 | -3.1649  |
| 17                             |          | 117      | 136.738  | 139.746 | -22.7464 |
| 18                             |          | 149      | 138.36   | 136.738 | 12.2619  |
| 19                             |          | 126      | 136.725  | 138.36  | -12.3598 |
| 20                             |          | 122      | 134.778  | 136.725 | -14.7251 |
| 21                             |          | 146      | 136.262  | 134.778 | 11.2223  |
| 22                             |          | 131      | 135.566  | 136.262 | -5.2619  |
| 23                             |          | 106      | 131.656  | 135.566 | -29.566  |
| 24                             |          | 132      | 131.701  | 131.656 | 0.3443   |
| 25                             |          | 128      | 131.212  | 131.701 | -3.7013  |
| 26                             |          | 118      | 129.464  | 131.212 | -13.2118 |
| 27                             |          | 127      | 129.139  | 129.464 | -2.4644  |
| 28                             |          | 120      | 127.93   | 129.139 | -9.1385  |
| 29                             |          | 119      | 126.749  | 127.93  | -8.9299  |
| 30                             |          | 143      | 128.898  | 126.749 | 16.2511  |
| 31                             |          | 101      | 125.209  | 128.898 | -27.8982 |
| 32                             |          | 128      | 125.578  | 125.209 | 2.7915   |
| 33                             |          | 153      | 129.204  | 125.578 | 27.4223  |
| 34                             |          | 131      | 129.442  | 129.204 | 1.7956   |
| 35                             |          | 110      | 126.871  | 129.442 | -19.4419 |

**Gráficas:**



**Comparación:**

| <b>Excel</b> | <b>Minitab</b> | <b>Diferencia (%)</b> |
|--------------|----------------|-----------------------|
| 130          | 137.333        | 10.071                |
| 130          | 136.363        | 8.677                 |
| 127.354913   | 132.877        | 7.338                 |
| 131.276      | 136.067        | 6.520                 |
| 131.107      | 135.265        | 5.624                 |
| 132.415      | 136.023        | 4.907                 |
| 135.534      | 138.665        | 4.341                 |
| 135.596      | 138.313        | 3.758                 |
| 134.459      | 136.817        | 3.226                 |
| 138.102      | 140.147        | 2.867                 |
| 142.056      | 143.831        | 2.553                 |
| 140.197      | 141.737        | 2.183                 |
| 142.419      | 143.756        | 1.922                 |
| 142.893      | 144.053        | 1.671                 |
| 139.336      | 140.342        | 1.412                 |
| 139.292      | 140.165        | 1.224                 |
| 138.989      | 139.746        | 1.059                 |
| 136.080      | 136.738        | 0.899                 |
| 137.789      | 138.360        | 0.790                 |
| 136.230      | 136.725        | 0.677                 |
| 134.348      | 134.778        | 0.580                 |
| 135.889      | 136.262        | 0.508                 |
| 135.242      | 135.566        | 0.439                 |
| 131.375      | 131.656        | 0.370                 |
| 131.458      | 131.701        | 0.321                 |
| 131.000      | 131.212        | 0.278                 |
| 129.281      | 129.464        | 0.237                 |
| 128.979      | 129.139        | 0.206                 |
| 127.792      | 127.930        | 0.177                 |
| 126.629      | 126.749        | 0.152                 |
| 128.794      | 128.898        | 0.134                 |
| 125.118      | 125.209        | 0.114                 |
| 125.499      | 125.578        | 0.099                 |
| 129.136      | 129.204        | 0.087                 |
| 129.383      | 129.442        | 0.076                 |
|              | Promedio       | 1.92E+00              |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.8 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.3$

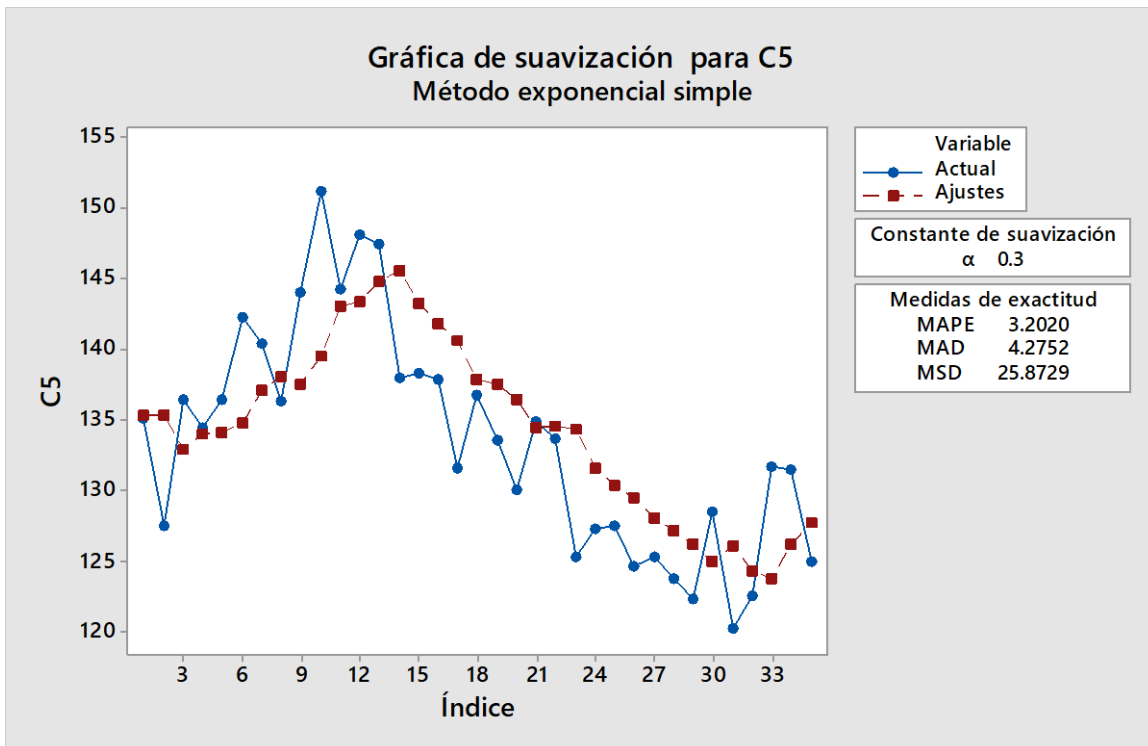
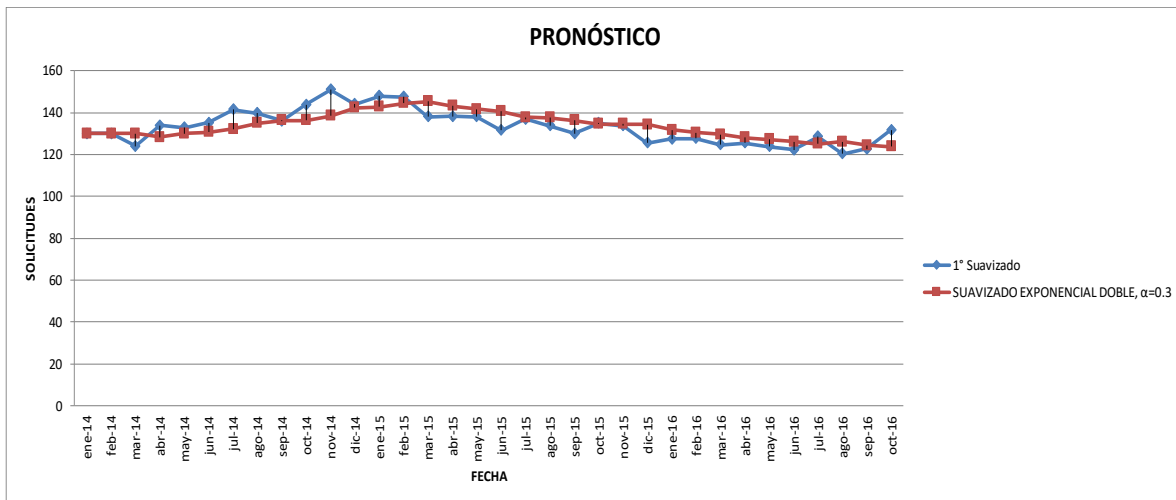
Excel:

| $\alpha=$ | 0.3          | SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.3$ |                        |       |        |          |
|-----------|--------------|---|------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha     | 1° Suavizado | Pronóstico                                | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| ene-14    | 130          | 130.00                                    | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| feb-14    | 130          | 130.00                                    | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| mar-14    | 124          | 130.00                                    | -6                     | 6.00  | 36.00  | 4.8      |
| abr-14    | 133.9        | 128.20                                    | 6                      | 5.70  | 32.49  | 4.3      |
| may-14    | 132.73       | 129.91                                    | 3                      | 2.82  | 7.95   | 2.1      |
| jun-14    | 135.211      | 130.76                                    | 4                      | 4.46  | 19.85  | 3.3      |
| jul-14    | 141.4477     | 132.09                                    | 9                      | 9.36  | 87.52  | 6.6      |
| ago-14    | 139.81339    | 134.90                                    | 5                      | 4.91  | 24.15  | 3.5      |
| sep-14    | 135.969373   | 136.37                                    | 0                      | 0.40  | 0.16   | 0.3      |
| oct-14    | 143.778561   | 136.25                                    | 8                      | 7.53  | 56.65  | 5.2      |
| nov-14    | 151.044993   | 138.51                                    | 13                     | 12.53 | 157.12 | 8.3      |
| dic-14    | 144.131495   | 142.27                                    | 2                      | 1.86  | 3.46   | 1.3      |
| ene-15    | 147.992046   | 142.83                                    | 5                      | 5.16  | 26.66  | 3.5      |
| feb-15    | 147.394433   | 144.38                                    | 3                      | 3.02  | 9.10   | 2.0      |
| mar-15    | 137.976103   | 145.28                                    | -7                     | 7.31  | 53.39  | 5.3      |
| abr-15    | 138.283272   | 143.09                                    | -5                     | 4.81  | 23.11  | 3.5      |
| may-15    | 137.89829    | 141.65                                    | -4                     | 3.75  | 14.06  | 2.7      |
| jun-15    | 131.628803   | 140.52                                    | -9                     | 8.89  | 79.11  | 6.8      |
| jul-15    | 136.840162   | 137.86                                    | -1                     | 1.01  | 1.03   | 0.7      |
| ago-15    | 133.588114   | 137.55                                    | -4                     | 3.96  | 15.70  | 3.0      |
| sep-15    | 130.11168    | 136.36                                    | -6                     | 6.25  | 39.06  | 4.8      |
| oct-15    | 134.878176   | 134.49                                    | 0                      | 0.39  | 0.15   | 0.3      |
| nov-15    | 133.714723   | 134.60                                    | -1                     | 0.89  | 0.79   | 0.7      |
| dic-15    | 125.400306   | 134.34                                    | -9                     | 8.94  | 79.87  | 7.1      |
| ene-16    | 127.380214   | 131.66                                    | -4                     | 4.28  | 18.28  | 3.4      |
| feb-16    | 127.56615    | 130.37                                    | -3                     | 2.81  | 7.88   | 2.2      |
| mar-16    | 124.696305   | 129.53                                    | -5                     | 4.83  | 23.38  | 3.9      |
| abr-16    | 125.387413   | 128.08                                    | -3                     | 2.69  | 7.25   | 2.1      |
| may-16    | 123.771189   | 127.27                                    | -4                     | 3.50  | 12.26  | 2.8      |
| jun-16    | 122.339833   | 126.22                                    | -4                     | 3.88  | 15.07  | 3.2      |
| jul-16    | 128.537883   | 125.06                                    | 3                      | 3.48  | 12.11  | 2.7      |
| ago-16    | 120.276518   | 126.10                                    | -6                     | 5.83  | 33.93  | 4.8      |
| sep-16    | 122.593563   | 124.35                                    | -2                     | 1.76  | 3.10   | 1.4      |
| oct-16    | 131.715494   | 123.83                                    | 8                      | 7.89  | 62.24  | 6.0      |
| nov-16    | 131.500846   | 126.19                                    | 5                      | 5.31  | 28.18  | 4.0      |
|           |              | Promedio                                  | -0.210                 | 4.463 | 28.317 | 3.335    |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple para C5 |              |          |          |         |         |
|--|--------------|----------|----------|---------|---------|
| Datos C5                               |              |          |          |         |         |
| Longitud                               | 35           |          |          |         |         |
| Constante de suavización               |              |          |          |         |         |
| $\alpha$                               | 0.3          |          |          |         |         |
| Medidas de exactitud                   |              |          |          |         |         |
| MAPE                                   | 3.202        |          |          |         |         |
| MAD                                    | 4.2752       |          |          |         |         |
| MSD                                    | 25.8729      |          |          |         |         |
| Tiempo                                 | 1° Suavizado | Suavizar | Predecir | Error   |         |
| 1                                      | 135.133      |          | 135.318  | 135.398 | -0.2647 |
| 2                                      | 127.593      |          | 133.001  | 135.318 | -7.7253 |
| 3                                      | 136.415      |          | 134.025  | 133.001 | 3.4143  |
| 4                                      | 134.491      |          | 134.165  | 134.025 | 0.466   |
| 5                                      | 136.444      |          | 134.849  | 134.165 | 2.2792  |
| 6                                      | 142.31       |          | 137.087  | 134.849 | 7.4614  |
| 7                                      | 140.417      |          | 138.086  | 137.087 | 3.33    |
| 8                                      | 136.392      |          | 137.578  | 138.086 | -1.694  |
| 9                                      | 144.074      |          | 139.527  | 137.578 | 6.4962  |
| 10                                     | 151.252      |          | 143.044  | 139.527 | 11.7253 |
| 11                                     | 144.276      |          | 143.414  | 143.044 | 1.2317  |
| 12                                     | 148.094      |          | 144.818  | 143.414 | 4.6802  |
| 13                                     | 147.465      |          | 145.612  | 144.818 | 2.6472  |
| 14                                     | 138.026      |          | 143.336  | 145.612 | -7.586  |
| 15                                     | 138.318      |          | 141.831  | 143.336 | -5.0182 |
| 16                                     | 137.923      |          | 140.658  | 141.831 | -3.9077 |
| 17                                     | 131.646      |          | 137.955  | 140.658 | -9.0124 |
| 18                                     | 136.852      |          | 137.624  | 137.955 | -1.1027 |
| 19                                     | 133.596      |          | 136.416  | 137.624 | -4.0279 |
| 20                                     | 130.118      |          | 134.526  | 136.416 | -6.2975 |
| 21                                     | 134.882      |          | 134.633  | 134.526 | 0.3557  |
| 22                                     | 133.718      |          | 134.358  | 134.633 | -0.915  |
| 23                                     | 125.402      |          | 131.672  | 134.358 | -8.9565 |
| 24                                     | 127.382      |          | 130.385  | 131.672 | -4.2895 |
| 25                                     | 127.567      |          | 129.539  | 130.385 | -2.8177 |
| 26                                     | 124.697      |          | 128.087  | 129.539 | -4.8424 |
| 27                                     | 125.388      |          | 127.277  | 128.087 | -2.6987 |
| 28                                     | 123.772      |          | 126.226  | 127.277 | -3.5051 |
| 29                                     | 122.34       |          | 125.06   | 126.226 | -3.8855 |
| 30                                     | 128.538      |          | 126.103  | 125.06  | 3.4781  |
| 31                                     | 120.277      |          | 124.355  | 126.103 | -5.8263 |
| 32                                     | 122.594      |          | 123.827  | 124.355 | -1.7614 |
| 33                                     | 131.716      |          | 126.194  | 123.827 | 7.889   |
| 34                                     | 131.501      |          | 127.786  | 126.194 | 5.3073  |
| 35                                     | 125.051      |          | 126.965  | 127.786 | -2.7349 |

**Gráficos:**





**Comparación:**

| Excel   | Minitab  | Diferencia (%) |
|---------|----------|----------------|
| 130     | 135.398  | 7.309          |
| 130     | 135.318  | 7.196          |
| 130     | 133.001  | 3.991          |
| 128.200 | 134.025  | 7.807          |
| 129.910 | 134.165  | 5.709          |
| 130.756 | 134.849  | 5.519          |
| 132.093 | 137.087  | 6.847          |
| 134.899 | 138.086  | 4.401          |
| 136.373 | 137.578  | 1.657          |
| 136.252 | 139.527  | 4.569          |
| 138.510 | 143.044  | 6.485          |
| 142.271 | 143.414  | 1.640          |
| 142.829 | 144.818  | 2.881          |
| 144.378 | 145.612  | 1.797          |
| 145.283 | 143.336  | -2.790         |
| 143.091 | 141.831  | -1.787         |
| 141.649 | 140.658  | -1.393         |
| 140.523 | 137.955  | -3.543         |
| 137.855 | 137.624  | -0.318         |
| 137.551 | 136.416  | -1.548         |
| 136.362 | 134.526  | -2.470         |
| 134.487 | 134.633  | 0.197          |
| 134.604 | 134.358  | -0.331         |
| 134.337 | 131.672  | -3.510         |
| 131.656 | 130.385  | -1.658         |
| 130.373 | 129.539  | -1.081         |
| 129.531 | 128.087  | -1.850         |
| 128.081 | 127.277  | -1.023         |
| 127.273 | 126.226  | -1.321         |
| 126.222 | 125.060  | -1.454         |
| 125.058 | 126.103  | 1.318          |
| 126.102 | 124.355  | -2.172         |
| 124.354 | 123.827  | -0.653         |
| 123.826 | 126.194  | 2.988          |
| 126.193 | 127.786  | 2.036          |
|         | Promedio | 1.12E+00       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.9 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha= 0.5$

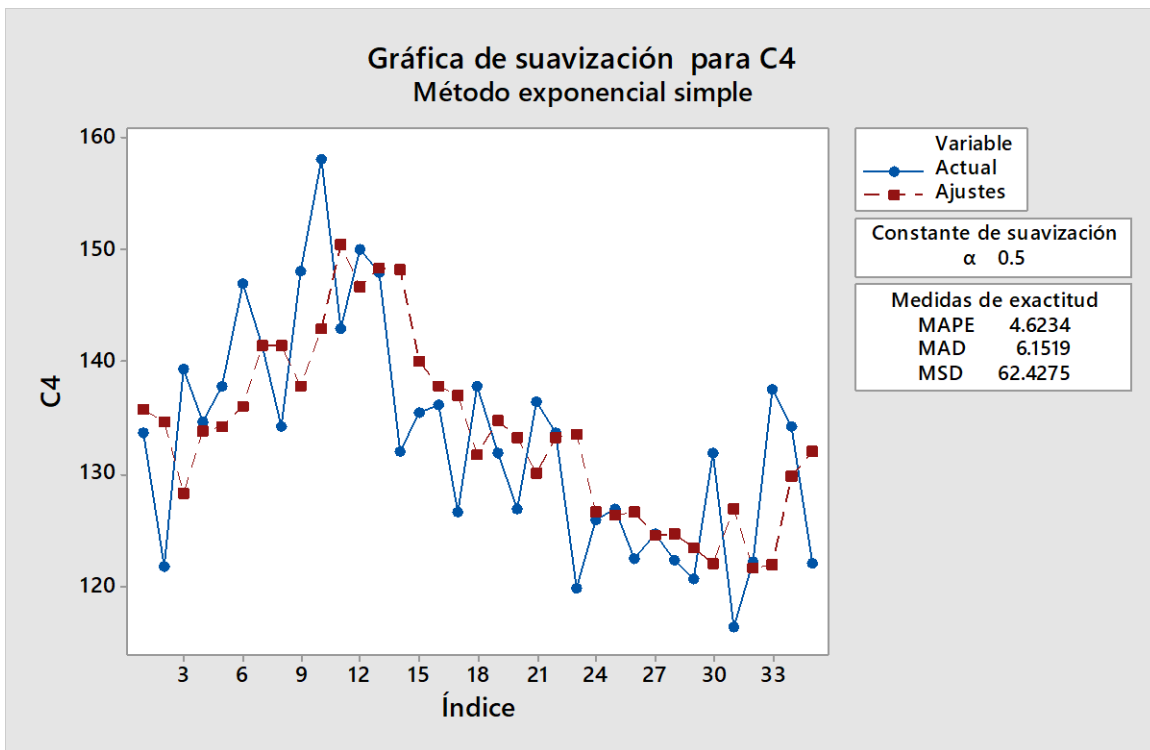
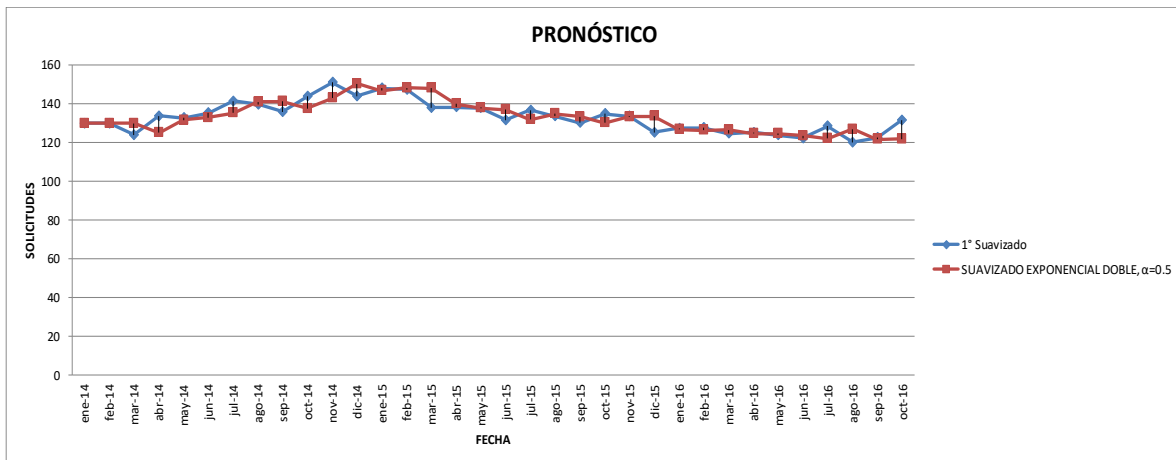
Excel:

| $\alpha=$ | 0.5          | SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, $\alpha=0.5$ |                        |       |        |          |
|-----------|--------------|---|------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha     | 1° Suavizado | Pronóstico                                | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| ene-14    | 130.000      | 130.00                                    | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| feb-14    | 130.000      | 130.00                                    | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| mar-14    | 120.000      | 130.00                                    | -10                    | 10.00 | 100.00 | 8.3      |
| abr-14    | 138.500      | 125.00                                    | 14                     | 13.50 | 182.25 | 9.7      |
| may-14    | 134.250      | 131.75                                    | 3                      | 2.50  | 6.25   | 1.9      |
| jun-14    | 137.625      | 133.00                                    | 5                      | 4.63  | 21.39  | 3.4      |
| jul-14    | 146.813      | 135.31                                    | 12                     | 11.50 | 132.25 | 7.8      |
| ago-14    | 141.406      | 141.06                                    | 0                      | 0.34  | 0.12   | 0.2      |
| sep-14    | 134.203      | 141.23                                    | -7                     | 7.03  | 49.44  | 5.2      |
| oct-14    | 148.102      | 137.72                                    | 10                     | 10.38 | 107.80 | 7.0      |
| nov-14    | 158.051      | 142.91                                    | 15                     | 15.14 | 229.24 | 9.6      |
| dic-14    | 143.025      | 150.48                                    | -7                     | 7.46  | 55.58  | 5.2      |
| ene-15    | 150.013      | 146.75                                    | 3                      | 3.26  | 10.63  | 2.2      |
| feb-15    | 148.006      | 148.38                                    | 0                      | 0.38  | 0.14   | 0.3      |
| mar-15    | 132.003      | 148.19                                    | -16                    | 16.19 | 262.16 | 12.3     |
| abr-15    | 135.502      | 140.10                                    | -5                     | 4.60  | 21.14  | 3.4      |
| may-15    | 136.251      | 137.80                                    | -2                     | 1.55  | 2.40   | 1.1      |
| jun-15    | 126.625      | 137.03                                    | -10                    | 10.40 | 108.16 | 8.2      |
| jul-15    | 137.813      | 131.83                                    | 6                      | 5.99  | 35.85  | 4.3      |
| ago-15    | 131.906      | 134.82                                    | -3                     | 2.91  | 8.48   | 2.2      |
| sep-15    | 126.953      | 133.36                                    | -6                     | 6.41  | 41.08  | 5.0      |
| oct-15    | 136.477      | 130.16                                    | 6                      | 6.32  | 39.93  | 4.6      |
| nov-15    | 133.738      | 133.32                                    | 0                      | 0.42  | 0.18   | 0.3      |
| dic-15    | 119.869      | 133.53                                    | -14                    | 13.66 | 186.56 | 11.4     |
| ene-16    | 125.935      | 126.70                                    | -1                     | 0.76  | 0.58   | 0.6      |
| feb-16    | 126.967      | 126.32                                    | 1                      | 0.65  | 0.42   | 0.5      |
| mar-16    | 122.484      | 126.64                                    | -4                     | 4.16  | 17.29  | 3.4      |
| abr-16    | 124.742      | 124.56                                    | 0                      | 0.18  | 0.03   | 0.1      |
| may-16    | 122.371      | 124.65                                    | -2                     | 2.28  | 5.20   | 1.9      |
| jun-16    | 120.685      | 123.51                                    | -3                     | 2.83  | 7.99   | 2.3      |
| jul-16    | 131.843      | 122.10                                    | 10                     | 9.74  | 94.95  | 7.4      |
| ago-16    | 116.421      | 126.97                                    | -11                    | 10.55 | 111.29 | 9.1      |
| sep-16    | 122.211      | 121.70                                    | 1                      | 0.51  | 0.26   | 0.4      |
| oct-16    | 137.605      | 121.95                                    | 16                     | 15.65 | 244.99 | 11.4     |
| nov-16    | 134.303      | 129.78                                    | 5                      | 4.52  | 20.46  | 3.4      |
|           |              | Promedio                                  | 0.117                  | 5.897 | 60.128 | 4.408    |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple |              | para     |          | C4       |  |
|--------------------------------|--------------|----------|----------|----------|--|
| Datos                          |              | C4       |          |          |  |
| Longitud                       | 35           |          |          |          |  |
| Constante de suavización       |              |          |          |          |  |
| $\alpha$                       | 0.5          |          |          |          |  |
| Medidas de exactitud           |              |          |          |          |  |
| MAPE                           | 4.6234       |          |          |          |  |
| MAD                            | 6.1519       |          |          |          |  |
| MSD                            | 62.4275      |          |          |          |  |
| Tiempo                         | 1° Suavizado | Suavizar | Predecir | Error    |  |
| 1                              | 133.667      | 134.701  | 135.734  | -2.0673  |  |
| 2                              | 121.833      | 128.267  | 134.701  | -12.8677 |  |
| 3                              | 139.417      | 133.842  | 128.267  | 11.1502  |  |
| 4                              | 134.708      | 134.275  | 133.842  | 0.8661   |  |
| 5                              | 137.854      | 136.064  | 134.275  | 3.579    |  |
| 6                              | 146.927      | 141.496  | 136.064  | 10.8625  |  |
| 7                              | 141.464      | 141.48   | 141.496  | -0.0317  |  |
| 8                              | 134.232      | 137.856  | 141.48   | -7.2479  |  |
| 9                              | 148.116      | 142.986  | 137.856  | 10.2601  |  |
| 10                             | 158.058      | 150.522  | 142.986  | 15.072   |  |
| 11                             | 143.029      | 146.775  | 150.522  | -7.493   |  |
| 12                             | 150.014      | 148.395  | 146.775  | 3.2385   |  |
| 13                             | 148.007      | 148.201  | 148.395  | -0.3877  |  |
| 14                             | 132.004      | 140.102  | 148.201  | -16.1969 |  |
| 15                             | 135.502      | 137.802  | 140.102  | -4.6004  |  |
| 16                             | 136.251      | 137.027  | 137.802  | -1.5512  |  |
| 17                             | 126.625      | 131.826  | 137.027  | -10.4016 |  |
| 18                             | 137.813      | 134.819  | 131.826  | 5.9872   |  |
| 19                             | 131.906      | 133.363  | 134.819  | -2.9134  |  |
| 20                             | 126.953      | 130.158  | 133.363  | -6.4097  |  |
| 21                             | 136.477      | 133.317  | 130.158  | 6.3191   |  |
| 22                             | 133.738      | 133.528  | 133.317  | 0.4206   |  |
| 23                             | 119.869      | 126.698  | 133.528  | -13.6587 |  |
| 24                             | 125.935      | 126.317  | 126.698  | -0.7634  |  |
| 25                             | 126.967      | 126.642  | 126.317  | 0.6503   |  |
| 26                             | 122.484      | 124.563  | 126.642  | -4.1578  |  |
| 27                             | 124.742      | 124.652  | 124.563  | 0.1791   |  |
| 28                             | 122.371      | 123.512  | 124.652  | -2.2815  |  |
| 29                             | 120.685      | 122.098  | 123.512  | -2.8267  |  |
| 30                             | 131.843      | 126.971  | 122.098  | 9.7446   |  |
| 31                             | 116.421      | 121.696  | 126.971  | -10.5497 |  |
| 32                             | 122.211      | 121.953  | 121.696  | 0.5152   |  |
| 33                             | 137.605      | 129.779  | 121.953  | 15.6516  |  |
| 34                             | 134.303      | 132.041  | 129.779  | 4.5238   |  |
| 35                             | 122.151      | 127.096  | 132.041  | -9.8901  |  |

**Gráficas:**



**Comparación:**

| Excel   | Minitab  | Diferencia (%) |
|---------|----------|----------------|
| 130     | 135.734  | 7.783          |
| 130     | 134.701  | 6.332          |
| 130     | 128.267  | -2.223         |
| 125.000 | 133.842  | 11.834         |
| 131.750 | 134.275  | 3.390          |
| 133.000 | 136.064  | 4.169          |
| 135.313 | 141.496  | 8.749          |
| 141.063 | 141.480  | 0.591          |
| 141.234 | 137.856  | -4.657         |
| 137.719 | 142.986  | 7.531          |
| 142.910 | 150.522  | 11.457         |
| 150.480 | 146.775  | -5.439         |
| 146.753 | 148.395  | 2.437          |
| 148.383 | 148.201  | -0.269         |
| 148.195 | 140.102  | -11.338        |
| 140.099 | 137.802  | -3.165         |
| 137.800 | 137.027  | -1.060         |
| 137.026 | 131.826  | -6.854         |
| 131.825 | 134.819  | 4.036          |
| 134.819 | 133.363  | -1.942         |
| 133.363 | 130.158  | -4.171         |
| 130.158 | 133.317  | 4.212          |
| 133.317 | 133.528  | 0.281          |
| 133.528 | 126.698  | -8.653         |
| 126.698 | 126.317  | -0.482         |
| 126.317 | 126.642  | 0.412          |
| 126.642 | 124.563  | -2.590         |
| 124.563 | 124.652  | 0.111          |
| 124.652 | 123.512  | -1.408         |
| 123.512 | 122.098  | -1.726         |
| 122.099 | 126.971  | 6.187          |
| 126.971 | 121.696  | -6.419         |
| 121.696 | 121.953  | 0.313          |
| 121.953 | 129.779  | 10.156         |
| 129.779 | 132.041  | 2.986          |
|         | Promedio | 6.70E-01       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.10 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER), $\alpha = 0.13225436$

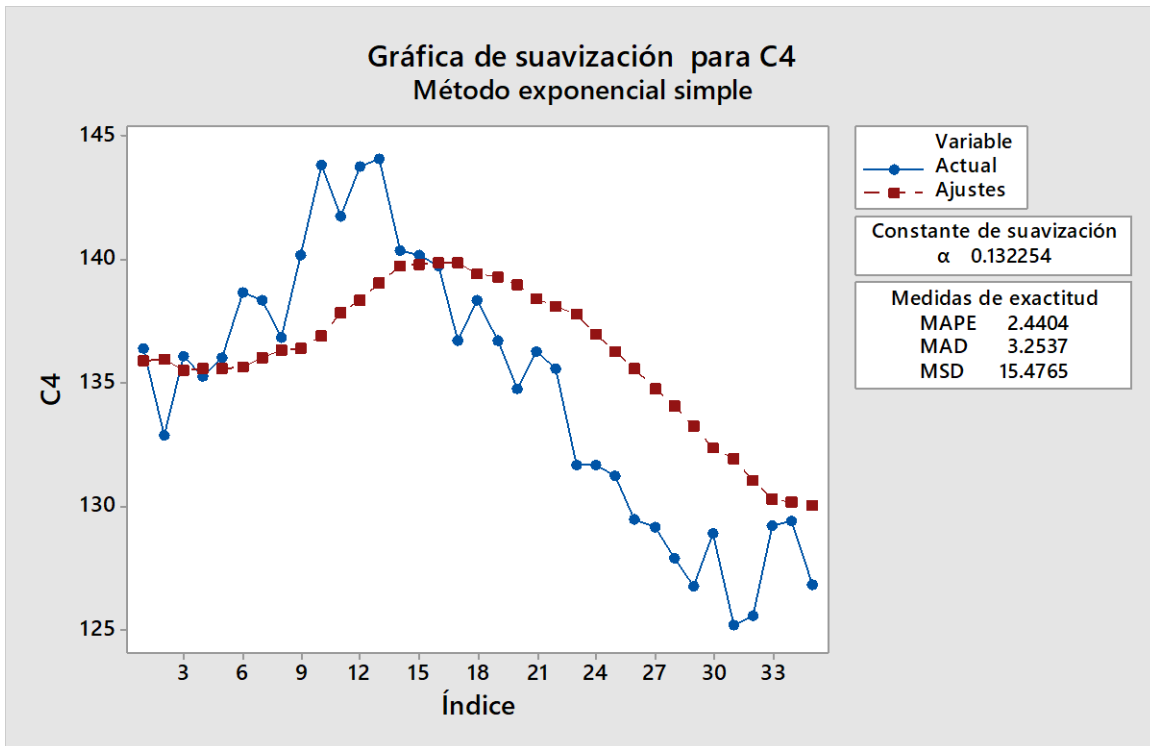
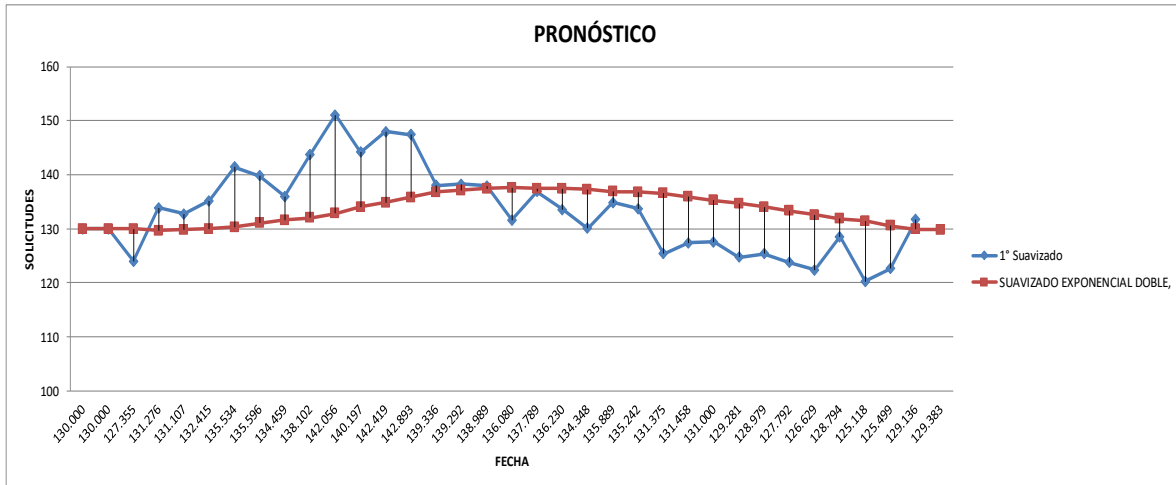
Excel:

| $\alpha =$ | 0.13225436   | SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE, |                        |       |        |          |
|------------|--------------|------------------------------|------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha      | 1° Suavizado | Pronóstico                   | Error en el pronóstico | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| ene-14     | 130.000      | 130.00                       | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| feb-14     | 130.000      | 130.00                       | 0                      | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| mar-14     | 127.355      | 130.00                       | -3                     | 2.65  | 7.00   | 2.1      |
| abr-14     | 131.276      | 129.65                       | 2                      | 1.63  | 2.64   | 1.2      |
| may-14     | 131.107      | 129.87                       | 1                      | 1.24  | 1.54   | 0.9      |
| jun-14     | 132.415      | 130.03                       | 2                      | 2.39  | 5.69   | 1.8      |
| jul-14     | 135.534      | 130.34                       | 5                      | 5.19  | 26.93  | 3.8      |
| ago-14     | 135.596      | 131.03                       | 5                      | 4.56  | 20.84  | 3.4      |
| sep-14     | 134.459      | 131.63                       | 3                      | 2.82  | 7.98   | 2.1      |
| oct-14     | 138.102      | 132.01                       | 6                      | 6.09  | 37.13  | 4.4      |
| nov-14     | 142.056      | 132.81                       | 9                      | 9.24  | 85.40  | 6.5      |
| dic-14     | 140.197      | 134.04                       | 6                      | 6.16  | 37.95  | 4.4      |
| ene-15     | 142.419      | 134.85                       | 8                      | 7.57  | 57.27  | 5.3      |
| feb-15     | 142.893      | 135.85                       | 7                      | 7.04  | 49.57  | 4.9      |
| mar-15     | 139.336      | 136.78                       | 3                      | 2.55  | 6.52   | 1.8      |
| abr-15     | 139.292      | 137.12                       | 2                      | 2.17  | 4.71   | 1.6      |
| may-15     | 138.989      | 137.41                       | 2                      | 1.58  | 2.50   | 1.1      |
| jun-15     | 136.080      | 137.62                       | -2                     | 1.54  | 2.36   | 1.1      |
| jul-15     | 137.789      | 137.41                       | 0                      | 0.38  | 0.14   | 0.3      |
| ago-15     | 136.230      | 137.46                       | -1                     | 1.23  | 1.52   | 0.9      |
| sep-15     | 134.348      | 137.30                       | -3                     | 2.95  | 8.72   | 2.2      |
| oct-15     | 135.889      | 136.91                       | -1                     | 1.02  | 1.04   | 0.8      |
| nov-15     | 135.242      | 136.77                       | -2                     | 1.53  | 2.35   | 1.1      |
| dic-15     | 131.375      | 136.57                       | -5                     | 5.20  | 27.01  | 4.0      |
| ene-16     | 131.458      | 135.88                       | -4                     | 4.43  | 19.60  | 3.4      |
| feb-16     | 131.000      | 135.30                       | -4                     | 4.30  | 18.48  | 3.3      |
| mar-16     | 129.281      | 134.73                       | -5                     | 5.45  | 29.70  | 4.2      |
| abr-16     | 128.979      | 134.01                       | -5                     | 5.03  | 25.31  | 3.9      |
| may-16     | 127.792      | 133.34                       | -6                     | 5.55  | 30.83  | 4.3      |
| jun-16     | 126.629      | 132.61                       | -6                     | 5.98  | 35.78  | 4.7      |
| jul-16     | 128.794      | 131.82                       | -3                     | 3.03  | 9.15   | 2.3      |
| ago-16     | 125.118      | 131.42                       | -6                     | 6.30  | 39.70  | 5.0      |
| sep-16     | 125.499      | 130.59                       | -5                     | 5.09  | 25.87  | 4.1      |
| oct-16     | 129.136      | 129.91                       | -1                     | 0.78  | 0.60   | 0.6      |
| nov-16     | 129.383      | 129.81                       | 0                      | 0.43  | 0.18   | 0.3      |
|            |              | Promedio                     | -0.053                 | 3.517 | 18.058 | 2.628    |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple para C4 |              |          |          |         |          |
|--|--------------|----------|----------|---------|----------|
| Datos C4                               |              |          |          |         |          |
| Longitud                               | 35           |          |          |         |          |
| Constante de suavización               |              |          |          |         |          |
| $\alpha$                               | 0.132254     |          |          |         |          |
| Medidas de exactitud                   |              |          |          |         |          |
| MAPE                                   | 2.4404       |          |          |         |          |
| MAD                                    | 3.2537       |          |          |         |          |
| MSD                                    | 15.4765      |          |          |         |          |
| Tiempo                                 | 1° Suavizado | Suavizar | Predecir | Error   |          |
| 1                                      | 136.363      |          | 135.941  | 135.877 | 0.48633  |
| 2                                      | 132.877      |          | 135.536  | 135.941 | -3.06399 |
| 3                                      | 136.067      |          | 135.606  | 135.536 | 0.53124  |
| 4                                      | 135.265      |          | 135.561  | 135.606 | -0.34102 |
| 5                                      | 136.023      |          | 135.622  | 135.561 | 0.46208  |
| 6                                      | 138.665      |          | 136.024  | 135.622 | 3.04297  |
| 7                                      | 138.313      |          | 136.327  | 136.024 | 2.28852  |
| 8                                      | 136.817      |          | 136.392  | 136.327 | 0.48986  |
| 9                                      | 140.147      |          | 136.889  | 136.392 | 3.75507  |
| 10                                     | 143.831      |          | 137.807  | 136.889 | 6.94245  |
| 11                                     | 141.737      |          | 138.327  | 137.807 | 3.93028  |
| 12                                     | 143.756      |          | 139.045  | 138.327 | 5.42949  |
| 13                                     | 144.053      |          | 139.707  | 139.045 | 5.00842  |
| 14                                     | 140.342      |          | 139.791  | 139.707 | 0.63503  |
| 15                                     | 140.165      | 139.84   |          | 139.791 | 0.37405  |
| 16                                     | 139.746      | 139.828  |          | 139.84  | -0.09442 |
| 17                                     | 136.738      | 139.419  |          | 139.828 | -3.08993 |
| 18                                     | 138.36       | 139.279  |          | 139.419 | -1.05928 |
| 19                                     | 136.725      | 138.941  |          | 139.279 | -2.55418 |
| 20                                     | 134.778      | 138.391  |          | 138.941 | -4.16338 |
| 21                                     | 136.262      | 138.109  |          | 138.391 | -2.12876 |
| 22                                     | 135.566      | 137.773  |          | 138.109 | -2.54322 |
| 23                                     | 131.656      | 136.964  |          | 137.773 | -6.11687 |
| 24                                     | 131.701      | 136.268  |          | 136.964 | -5.26289 |
| 25                                     | 131.212      | 135.599  |          | 136.268 | -5.05585 |
| 26                                     | 129.464      | 134.788  |          | 135.599 | -6.1352  |
| 27                                     | 129.139      | 134.041  |          | 134.788 | -5.64879 |
| 28                                     | 127.93       | 133.233  |          | 134.041 | -6.11072 |
| 29                                     | 126.749      | 132.375  |          | 133.233 | -6.48355 |
| 30                                     | 128.898      | 131.915  |          | 132.375 | -3.47707 |
| 31                                     | 125.209      | 131.028  |          | 131.915 | -6.70622 |
| 32                                     | 125.578      | 130.307  |          | 131.028 | -5.45029 |
| 33                                     | 129.204      | 130.162  |          | 130.307 | -1.10347 |
| 34                                     | 129.442      | 130.066  |          | 130.162 | -0.71953 |
| 35                                     | 126.871      | 129.644  |          | 130.066 | -3.19537 |

**Gráfica:**





**Comparación:**

| Excel   | Minitab  | Diferencia (%) |
|---------|----------|----------------|
| 130     | 135.877  | 7.985          |
| 130     | 135.941  | 8.076          |
| 130     | 135.536  | 7.503          |
| 129.650 | 135.606  | 8.076          |
| 129.865 | 135.561  | 7.721          |
| 130.029 | 135.622  | 7.585          |
| 130.345 | 136.024  | 7.725          |
| 131.031 | 136.327  | 7.220          |
| 131.635 | 136.392  | 6.488          |
| 132.008 | 136.889  | 6.681          |
| 132.814 | 137.807  | 6.880          |
| 134.037 | 138.327  | 5.935          |
| 134.851 | 139.045  | 5.831          |
| 135.852 | 139.707  | 5.385          |
| 136.783 | 139.791  | 4.204          |
| 137.121 | 139.840  | 3.802          |
| 137.408 | 139.828  | 3.384          |
| 137.617 | 139.419  | 2.512          |
| 137.414 | 139.279  | 2.598          |
| 137.463 | 138.941  | 2.053          |
| 137.300 | 138.391  | 1.509          |
| 136.910 | 138.109  | 1.656          |
| 136.775 | 137.773  | 1.375          |
| 136.572 | 136.964  | 0.537          |
| 135.885 | 136.268  | 0.522          |
| 135.299 | 135.599  | 0.406          |
| 134.731 | 134.788  | 0.077          |
| 134.010 | 134.041  | 0.042          |
| 133.345 | 133.233  | -0.149         |
| 132.610 | 132.375  | -0.311         |
| 131.819 | 131.915  | 0.126          |
| 131.419 | 131.028  | -0.513         |
| 130.586 | 130.307  | -0.363         |
| 129.913 | 130.162  | 0.324          |
| 129.810 | 130.066  | 0.332          |
|         | Promedio | 3.39E+00       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.11 SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE (SOLVER)

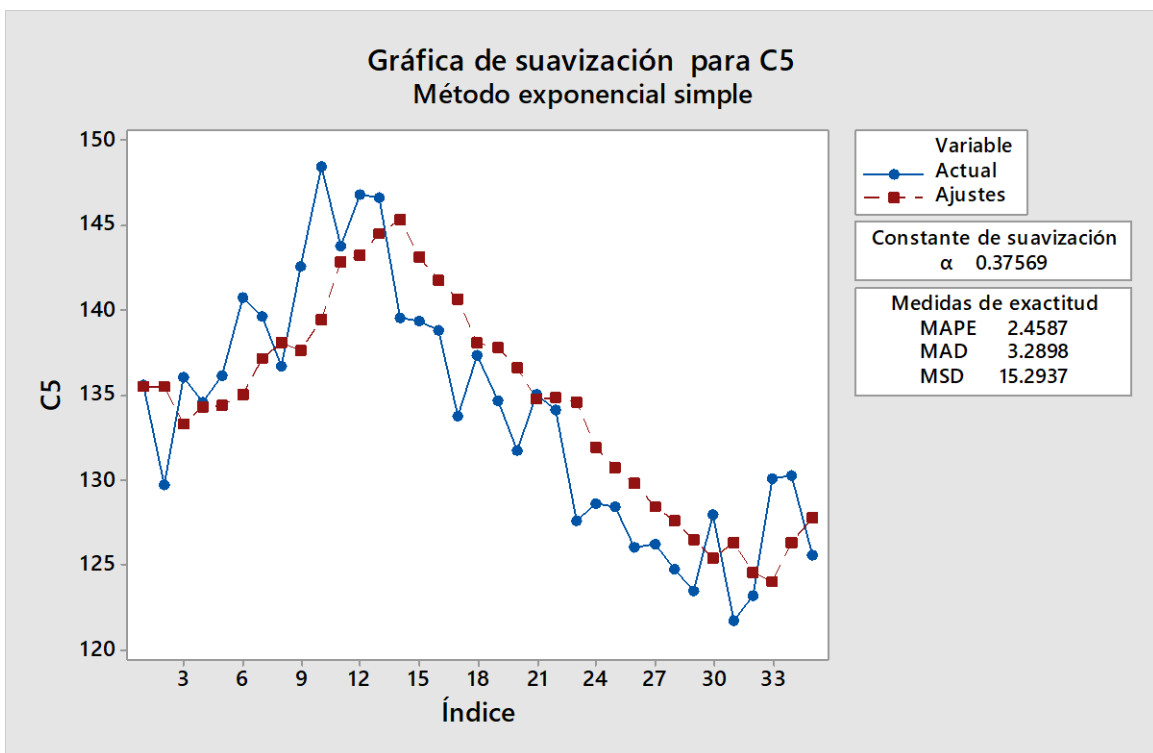
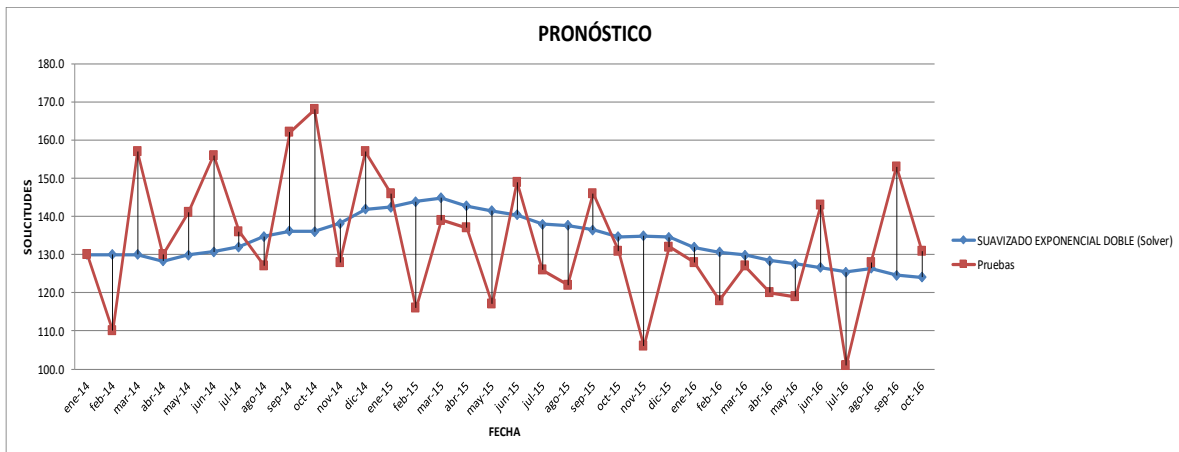
Excel:

|        | $\alpha=$ | 0.231901031  | 0.375690787  | SUAVIZADO EXPONENCIAL DOBLE |       |        |          |
|--------|-----------|--------------|--------------|-----------------------------|-------|--------|----------|
| Fecha  | Pruebas   | 1° Suavizado | 2° Suavizado | Error en el pronóstico      | MAD   | MSE    | MAPE (%) |
| ene-14 | 130       | 130.0        | 130.0        | 0                           | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| feb-14 | 110       | 130.00       | 130.00       | 0                           | 0.00  | 0.00   | 0.0      |
| mar-14 | 157       | 125.36       | 130.00       | -5                          | 4.64  | 21.51  | 3.0      |
| abr-14 | 130       | 132.70       | 128.26       | 4                           | 4.44  | 19.73  | 3.4      |
| may-14 | 141       | 132.07       | 129.93       | 2                           | 2.15  | 4.61   | 1.5      |
| jun-14 | 156       | 134.14       | 130.73       | 3                           | 3.41  | 11.63  | 2.2      |
| jul-14 | 136       | 139.21       | 132.01       | 7                           | 7.20  | 51.81  | 5.3      |
| ago-14 | 127       | 138.47       | 134.72       | 4                           | 3.75  | 14.05  | 3.0      |
| sep-14 | 162       | 135.81       | 136.13       | 0                           | 0.32  | 0.10   | 0.2      |
| oct-14 | 168       | 141.88       | 136.01       | 6                           | 5.87  | 34.52  | 3.5      |
| nov-14 | 128       | 147.94       | 138.21       | 10                          | 9.72  | 94.57  | 7.6      |
| dic-14 | 157       | 143.31       | 141.87       | 1                           | 1.45  | 2.09   | 0.9      |
| ene-15 | 146       | 146.49       | 142.41       | 4                           | 4.08  | 16.62  | 2.8      |
| feb-15 | 116       | 146.38       | 143.94       | 2                           | 2.43  | 5.92   | 2.1      |
| mar-15 | 139       | 139.33       | 144.86       | -6                          | 5.53  | 30.53  | 4.0      |
| abr-15 | 137       | 139.25       | 142.78       | -4                          | 3.53  | 12.44  | 2.6      |
| may-15 | 117       | 138.73       | 141.46       | -3                          | 2.72  | 7.42   | 2.3      |
| jun-15 | 149       | 133.69       | 140.43       | -7                          | 6.74  | 45.43  | 4.5      |
| jul-15 | 126       | 137.24       | 137.90       | -1                          | 0.66  | 0.43   | 0.5      |
| ago-15 | 122       | 134.63       | 137.65       | -3                          | 3.02  | 9.11   | 2.5      |
| sep-15 | 146       | 131.70       | 136.52       | -5                          | 4.81  | 23.18  | 3.3      |
| oct-15 | 131       | 135.02       | 134.71       | 0                           | 0.31  | 0.10   | 0.2      |
| nov-15 | 106       | 134.09       | 134.83       | -1                          | 0.74  | 0.55   | 0.7      |
| dic-15 | 132       | 127.57       | 134.55       | -7                          | 6.97  | 48.65  | 5.3      |
| ene-16 | 128       | 128.60       | 131.93       | -3                          | 3.33  | 11.08  | 2.6      |
| feb-16 | 118       | 128.46       | 130.68       | -2                          | 2.22  | 4.92   | 1.9      |
| mar-16 | 127       | 126.04       | 129.85       | -4                          | 3.81  | 14.52  | 3.0      |
| abr-16 | 120       | 126.26       | 128.41       | -2                          | 2.15  | 4.64   | 1.8      |
| may-16 | 119       | 124.81       | 127.60       | -3                          | 2.80  | 7.82   | 2.4      |
| jun-16 | 143       | 123.46       | 126.55       | -3                          | 3.09  | 9.57   | 2.2      |
| jul-16 | 101       | 127.99       | 125.39       | 3                           | 2.60  | 6.76   | 2.6      |
| ago-16 | 128       | 121.73       | 126.37       | -5                          | 4.64  | 21.49  | 3.6      |
| sep-16 | 153       | 123.19       | 124.63       | -1                          | 1.44  | 2.08   | 0.9      |
| oct-16 | 131       | 130.10       | 124.09       | 6                           | 6.01  | 36.17  | 4.6      |
| nov-16 | 110       | 130.31       | 126.35       | 4                           | 3.96  | 15.71  | 3.6      |
|        |           |              | Promedio     | -0.164                      | 3.444 | 16.849 | 2.584    |

**Minitab:**

| Suavización exponencial simple para C5 |              |          |          |          |  |
|--|--------------|----------|----------|----------|--|
| Datos C5                               |              |          |          |          |  |
| Longitud                               | 35           |          |          |          |  |
| Constante de suavización               |              |          |          |          |  |
| $\alpha$                               | 0.37569      |          |          |          |  |
| Medidas de exactitud                   |              |          |          |          |  |
| MAPE                                   | 2.4587       |          |          |          |  |
| MAD                                    | 3.2898       |          |          |          |  |
| MSD                                    | 15.2937      |          |          |          |  |
| Tiempo                                 | 1° Suavizado | Suavizar | Predecir | Error    |  |
| 1                                      | 135.633      | 135.528  | 135.465  | 0.16783  |  |
| 2                                      | 129.688      | 133.334  | 135.528  | -5.84022 |  |
| 3                                      | 136.022      | 134.344  | 133.334  | 2.68789  |  |
| 4                                      | 134.626      | 134.45   | 134.344  | 0.28208  |  |
| 5                                      | 136.104      | 135.071  | 134.45   | 1.6541   |  |
| 6                                      | 140.718      | 137.193  | 135.071  | 5.64667  |  |
| 7                                      | 139.624      | 138.106  | 137.193  | 2.43127  |  |
| 8                                      | 136.696      | 137.576  | 138.106  | -1.41013 |  |
| 9                                      | 142.564      | 139.45   | 137.576  | 4.98764  |  |
| 10                                     | 148.463      | 142.836  | 139.45   | 9.01283  |  |
| 11                                     | 143.717      | 143.167  | 142.836  | 0.8808   |  |
| 12                                     | 146.798      | 144.531  | 143.167  | 3.63089  |  |
| 13                                     | 146.613      | 145.313  | 144.531  | 2.0818   |  |
| 14                                     | 139.514      | 143.135  | 145.313  | -5.79931 |  |
| 15                                     | 139.394      | 141.729  | 143.135  | -3.74057 |  |
| 16                                     | 138.839      | 140.643  | 141.729  | -2.89027 |  |
| 17                                     | 133.775      | 138.063  | 140.643  | -6.86843 |  |
| 18                                     | 137.305      | 137.778  | 138.063  | -0.75803 |  |
| 19                                     | 134.684      | 136.616  | 137.778  | -3.09424 |  |
| 20                                     | 131.742      | 134.785  | 136.616  | -4.87377 |  |
| 21                                     | 135.049      | 134.884  | 134.785  | 0.26426  |  |
| 22                                     | 134.11       | 134.593  | 134.884  | -0.77402 |  |
| 23                                     | 127.591      | 131.963  | 134.593  | -7.00223 |  |
| 24                                     | 128.614      | 130.705  | 131.963  | -3.34856 |  |
| 25                                     | 128.471      | 129.865  | 130.705  | -2.23354 |  |
| 26                                     | 126.043      | 128.429  | 129.865  | -3.82242 |  |
| 27                                     | 126.265      | 127.616  | 128.429  | -2.16438 |  |
| 28                                     | 124.812      | 126.563  | 127.616  | -2.80424 |  |
| 29                                     | 123.464      | 125.399  | 126.563  | -3.09872 |  |
| 30                                     | 127.995      | 126.374  | 125.399  | 2.59644  |  |
| 31                                     | 121.735      | 124.631  | 126.374  | -4.63902 |  |
| 32                                     | 123.187      | 124.089  | 124.631  | -1.44418 |  |
| 33                                     | 130.101      | 126.347  | 124.089  | 6.01238  |  |
| 34                                     | 130.31       | 127.836  | 126.347  | 3.96259  |  |
| 35                                     | 125.6        | 126.996  | 127.836  | -2.23612 |  |

## Gráficas:



**Comparación:**

| Excel | Minitab  | Diferencia (%) |
|-------|----------|----------------|
| 130.0 | 135.465  | 7.403          |
| 130.0 | 135.528  | 7.492          |
| 130.0 | 133.334  | 4.445          |
| 128.3 | 134.344  | 8.177          |
| 129.9 | 134.45   | 6.082          |
| 130.7 | 135.071  | 5.860          |
| 132.0 | 137.193  | 7.105          |
| 134.7 | 138.106  | 4.679          |
| 136.1 | 137.576  | 1.994          |
| 136.0 | 139.45   | 4.802          |
| 138.2 | 142.836  | 6.602          |
| 141.9 | 143.167  | 1.861          |
| 142.4 | 144.531  | 3.064          |
| 143.9 | 145.313  | 1.991          |
| 144.9 | 143.135  | -2.464         |
| 142.8 | 141.729  | -1.491         |
| 141.5 | 140.643  | -1.143         |
| 140.4 | 138.063  | -3.271         |
| 137.9 | 137.778  | -0.168         |
| 137.7 | 136.616  | -1.416         |
| 136.5 | 134.785  | -2.337         |
| 134.7 | 134.884  | 0.234          |
| 134.8 | 134.593  | -0.315         |
| 134.5 | 131.963  | -3.413         |
| 131.9 | 130.705  | -1.599         |
| 130.7 | 129.865  | -1.056         |
| 129.8 | 128.429  | -1.819         |
| 128.4 | 127.616  | -1.018         |
| 127.6 | 126.563  | -1.318         |
| 126.6 | 125.399  | -1.448         |
| 125.4 | 126.374  | 1.241          |
| 126.4 | 124.631  | -2.166         |
| 124.6 | 124.089  | -0.667         |
| 124.1 | 126.347  | 2.857          |
| 126.3 | 127.836  | 1.906          |
|       | Promedio | 1.27E+00       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

### 5.1.13 SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA

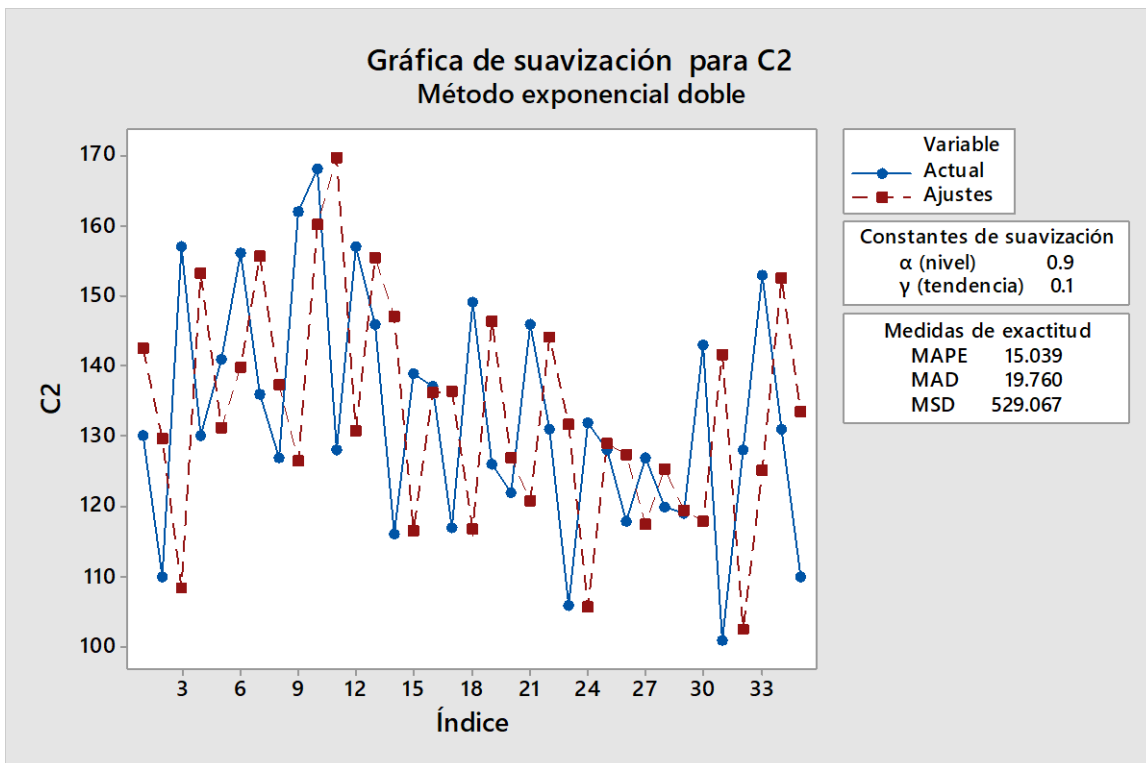
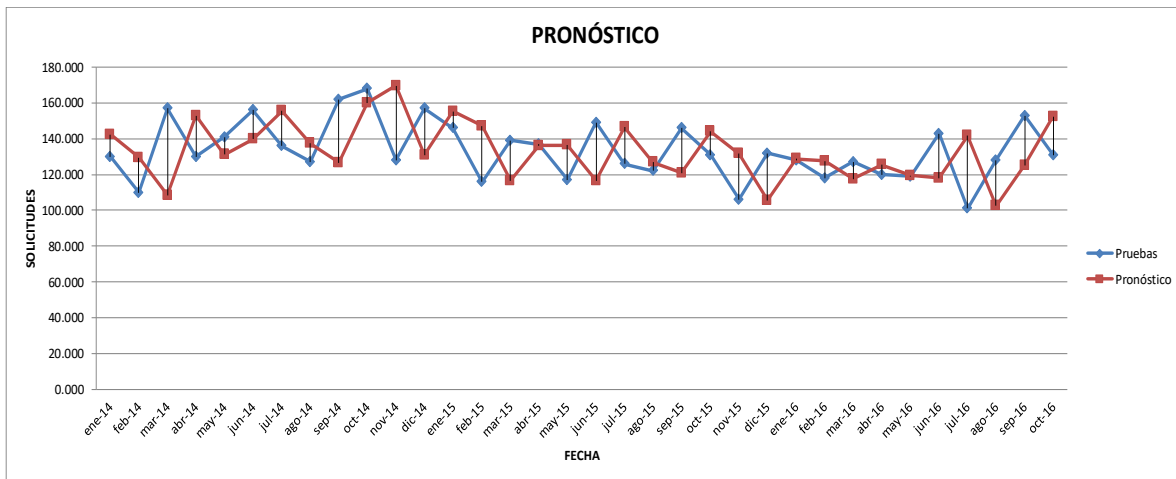
Excel:

| $\alpha=$ |        | 0.90    | $\beta=$ | 0.10   | SUAVIZADO EXPONENCIAL CON AJUSTE DE TENDENCIA (SOLVER) |                        |        |          |          |
|-----------|--------|---------|----------|--------|--|------------------------|--------|----------|----------|
| Xt        | Fecha  | Pruebas | Ft       | Tt     | Pronóstico   | Error en el pronóstico | MAD    | MSE      | MAPE (%) |
| 1         | ene-14 | 130.000 | 143.000  | -0.569 | 142.438  | -12.438                | 12.438 | 154.706  | 9.568    |
| 2         | feb-14 | 110.000 | 131.249  | -1.687 | 129.562  | -19.562                | 19.562 | 382.680  | 17.784   |
| 3         | mar-14 | 157.000 | 111.966  | -3.447 | 108.519  | 48.481                 | 48.481 | 2350.406 | 30.880   |
| 4         | abr-14 | 130.000 | 152.129  | 0.914  | 153.043  | -23.043                | 23.043 | 530.996  | 17.726   |
| 5         | may-14 | 141.000 | 132.315  | -1.158 | 131.157  | 9.843                  | 9.843  | 96.885   | 6.981    |
| 6         | jun-14 | 156.000 | 140.011  | -0.273 | 139.738  | 16.262                 | 16.262 | 264.449  | 10.424   |
| 7         | jul-14 | 136.000 | 154.366  | 1.190  | 155.556  | -19.556                | 19.556 | 382.436  | 14.379   |
| 8         | ago-14 | 127.000 | 137.965  | -0.569 | 137.396  | -10.396                | 10.396 | 108.070  | 8.186    |
| 9         | sep-14 | 162.000 | 128.045  | -1.504 | 126.540  | 35.460                 | 35.460 | 1257.400 | 21.889   |
| 10        | oct-14 | 168.000 | 158.437  | 1.685  | 160.123  | 7.877                  | 7.877  | 62.055   | 4.689    |
| 11        | nov-14 | 128.000 | 167.209  | 2.394  | 169.602  | -41.602                | 41.602 | 1730.765 | 32.502   |
| 12        | dic-14 | 157.000 | 132.180  | -1.348 | 130.832  | 26.168                 | 26.168 | 684.779  | 16.668   |
| 13        | ene-15 | 146.000 | 154.371  | 1.006  | 155.376  | -9.376                 | 9.376  | 87.916   | 6.422    |
| 14        | feb-15 | 116.000 | 146.942  | 0.162  | 147.104  | -31.104                | 31.104 | 967.476  | 26.814   |
| 15        | mar-15 | 139.000 | 119.125  | -2.636 | 116.489  | 22.511                 | 22.511 | 506.723  | 16.195   |
| 16        | abr-15 | 137.000 | 136.738  | -0.611 | 136.127  | 0.873                  | 0.873  | 0.761    | 0.637    |
| 17        | may-15 | 117.000 | 136.912  | -0.532 | 136.380  | -19.380                | 19.380 | 375.583  | 16.564   |
| 18        | jun-15 | 149.000 | 118.947  | -2.276 | 116.672  | 32.328                 | 32.328 | 1045.127 | 21.697   |
| 19        | jul-15 | 126.000 | 145.752  | 0.632  | 146.384  | -20.384                | 20.384 | 415.515  | 16.178   |
| 20        | ago-15 | 122.000 | 128.048  | -1.201 | 126.847  | -4.847                 | 4.847  | 23.492   | 3.973    |
| 21        | sep-15 | 146.000 | 122.487  | -1.637 | 120.850  | 25.150                 | 25.150 | 632.533  | 17.226   |
| 22        | oct-15 | 131.000 | 143.473  | 0.625  | 144.098  | -13.098                | 13.098 | 171.561  | 9.999    |
| 23        | nov-15 | 106.000 | 132.316  | -0.553 | 131.763  | -25.763                | 25.763 | 663.729  | 24.305   |
| 24        | dic-15 | 132.000 | 108.589  | -2.871 | 105.718  | 26.282                 | 26.282 | 690.743  | 19.911   |
| 25        | ene-16 | 128.000 | 129.359  | -0.506 | 128.853  | -0.853                 | 0.853  | 0.727    | 0.666    |
| 26        | feb-16 | 118.000 | 128.086  | -0.583 | 127.503  | -9.503                 | 9.503  | 90.299   | 8.053    |
| 27        | mar-16 | 127.000 | 118.955  | -1.438 | 117.517  | 9.483                  | 9.483  | 89.930   | 7.467    |
| 28        | abr-16 | 120.000 | 126.047  | -0.585 | 125.462  | -5.462                 | 5.462  | 29.837   | 4.552    |
| 29        | may-16 | 119.000 | 120.549  | -1.076 | 119.473  | -0.473                 | 0.473  | 0.223    | 0.397    |
| 30        | jun-16 | 143.000 | 119.047  | -1.119 | 117.929  | 25.071                 | 25.071 | 628.567  | 17.532   |
| 31        | jul-16 | 101.000 | 140.481  | 1.136  | 141.617  | -40.617                | 40.617 | 1649.777 | 40.215   |
| 32        | ago-16 | 128.000 | 105.081  | -2.517 | 102.564  | 25.436                 | 25.436 | 646.996  | 19.872   |
| 33        | sep-16 | 153.000 | 125.444  | -0.229 | 125.215  | 27.785                 | 27.785 | 771.995  | 18.160   |
| 34        | oct-16 | 131.000 | 150.208  | 2.270  | 152.479  | -21.479                | 21.479 | 461.327  | 16.396   |
| 35        | nov-16 | 110.000 | 133.158  | 0.338  | 133.496  | -23.496                | 23.496 | 552.072  | 21.360   |
|           |        |         |          |        | Promedio   | -0.384                 | 19.756 | 528.815  | 15.036   |

**Minitab:**

|                           |             |          |          |          |
|---------------------------|-------------|----------|----------|----------|
| Suavización               | exponencial | doble    | para     | C2       |
| Datos                     | C2          |          |          |          |
| Longitud                  |             | 35       |          |          |
| Constantes de suavización |             |          |          |          |
| $\alpha$                  | (nivel)     |          | 0.9      |          |
| $\gamma$                  | (tendencia) |          | 0.1      |          |
| Medidas de exactitud      |             |          |          |          |
| MAPE                      |             | 15.039   |          |          |
| MAD                       |             | 19.76    |          |          |
| MSD                       |             | 529.067  |          |          |
| Tiempo                    | C2          | Suavizar | Predecir | Error    |
| 1                         | 130         | 131.244  | 142.438  | -12.4381 |
| 2                         | 110         | 111.956  | 129.556  | -19.5558 |
| 3                         | 157         | 152.151  | 108.508  | 48.4925  |
| 4                         | 130         | 132.307  | 153.067  | -23.067  |
| 5                         | 141         | 140.015  | 131.147  | 9.8531   |
| 6                         | 156         | 154.374  | 139.742  | 16.2583  |
| 7                         | 136         | 137.956  | 155.564  | -19.5644 |
| 8                         | 127         | 128.039  | 137.386  | -10.3859 |
| 9                         | 162         | 158.453  | 126.533  | 35.4667  |
| 10                        | 168         | 167.214  | 160.14   | 7.8599   |
| 11                        | 128         | 132.161  | 169.608  | -41.6081 |
| 12                        | 157         | 154.381  | 130.81   | 26.1898  |
| 13                        | 146         | 146.939  | 155.387  | -9.3875  |
| 14                        | 116         | 119.11   | 147.1    | -31.1003 |
| 15                        | 139         | 136.747  | 116.473  | 22.5274  |
| 16                        | 137         | 136.914  | 136.137  | 0.8627   |
| 17                        | 117         | 118.938  | 136.381  | -19.3814 |
| 18                        | 149         | 145.766  | 116.661  | 32.3385  |
| 19                        | 126         | 128.04   | 146.4    | -20.4    |
| 20                        | 122         | 122.484  | 126.838  | -4.8378  |
| 21                        | 146         | 143.485  | 120.846  | 25.1538  |
| 22                        | 131         | 132.311  | 144.111  | -13.1109 |
| 23                        | 106         | 108.576  | 131.757  | -25.7574 |
| 24                        | 132         | 129.37   | 105.704  | 26.2961  |
| 25                        | 128         | 128.087  | 128.865  | -0.8652  |
| 26                        | 118         | 118.95   | 127.503  | -9.5034  |
| 27                        | 127         | 126.051  | 117.512  | 9.4881   |
| 28                        | 120         | 120.547  | 125.467  | -5.4667  |
| 29                        | 119         | 119.047  | 119.47   | -0.4702  |
| 30                        | 143         | 140.493  | 117.928  | 25.0718  |
| 31                        | 101         | 105.063  | 141.63   | -40.6305 |
| 32                        | 128         | 125.454  | 102.544  | 25.456   |
| 33                        | 153         | 150.223  | 125.226  | 27.7736  |
| 34                        | 131         | 133.149  | 152.494  | -21.4942 |
| 35                        | 110         | 112.349  | 133.487  | -23.4865 |

**Gráfica:**



**Comparación:**



| Excel   | Minitab  | Diferencia (%) |
|---------|----------|----------------|
| 142.438 | 142.438  | 0.000          |
| 129.562 | 129.556  | -0.008         |
| 108.519 | 108.508  | -0.012         |
| 153.043 | 153.067  | 0.036          |
| 131.157 | 131.147  | -0.013         |
| 139.738 | 139.742  | 0.005          |
| 155.556 | 155.564  | 0.013          |
| 137.396 | 137.386  | -0.013         |
| 126.540 | 126.533  | -0.009         |
| 160.123 | 160.140  | 0.028          |
| 169.602 | 169.608  | 0.009          |
| 130.832 | 130.810  | -0.028         |
| 155.376 | 155.387  | 0.017          |
| 147.104 | 147.100  | -0.006         |
| 116.489 | 116.473  | -0.019         |
| 136.127 | 136.137  | 0.013          |
| 136.380 | 136.381  | 0.001          |
| 116.672 | 116.661  | -0.012         |
| 146.384 | 146.400  | 0.023          |
| 126.847 | 126.838  | -0.011         |
| 120.850 | 120.846  | -0.005         |
| 144.098 | 144.111  | 0.019          |
| 131.763 | 131.757  | -0.008         |
| 105.718 | 105.704  | -0.015         |
| 128.853 | 128.865  | 0.016          |
| 127.503 | 127.503  | 0.001          |
| 117.517 | 117.512  | -0.006         |
| 125.462 | 125.467  | 0.006          |
| 119.473 | 119.470  | -0.003         |
| 117.929 | 117.928  | -0.001         |
| 141.617 | 141.630  | 0.018          |
| 102.564 | 102.544  | -0.020         |
| 125.215 | 125.226  | 0.014          |
| 152.479 | 152.494  | 0.024          |
| 133.496 | 133.487  | -0.012         |
|         | Promedio | 1.14E-03       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.1.15 REGRESIÓN LINEAL

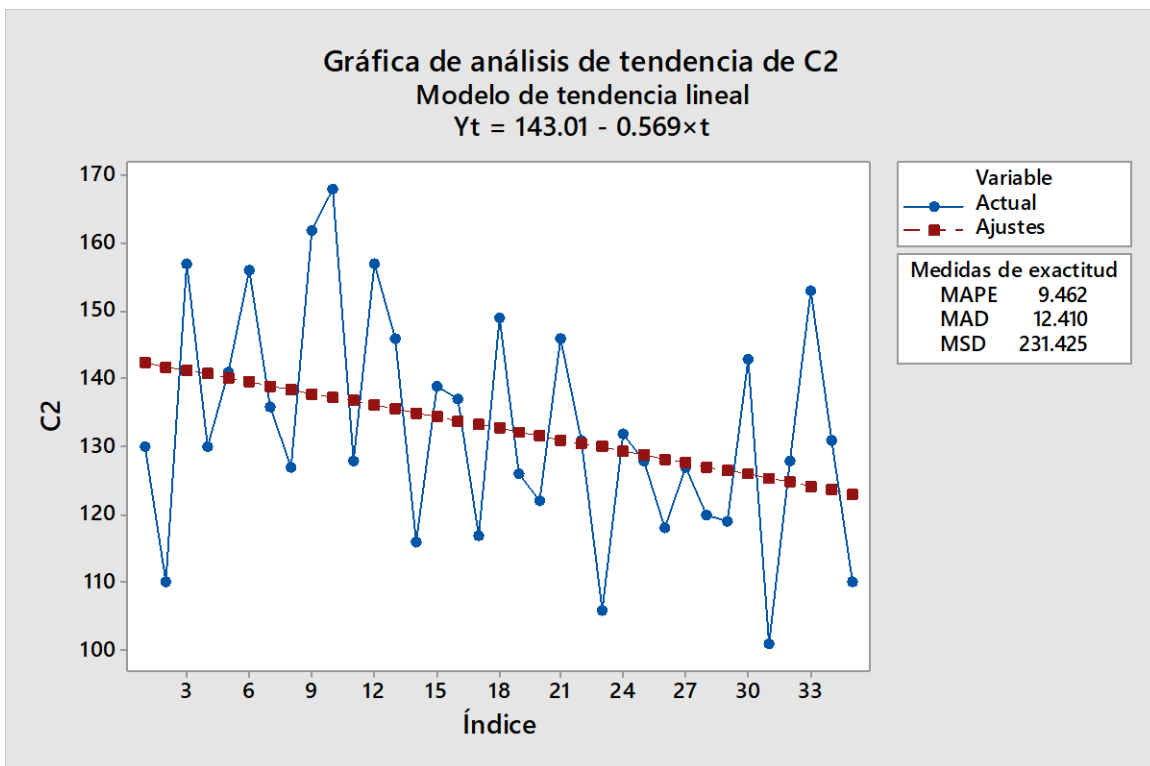
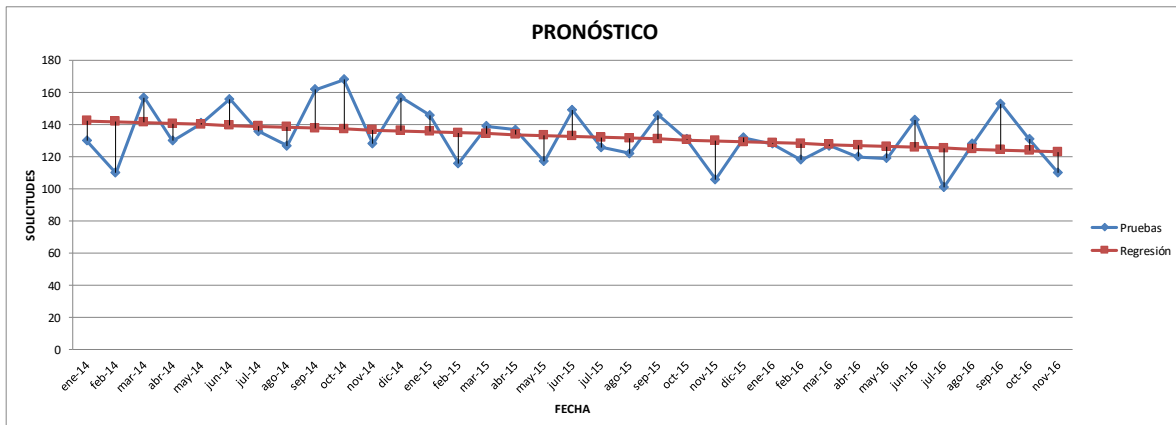
Excel:

| REGRESIÓN LINEAL |        |         |           |                        |        |         |          |
|------------------|--------|---------|-----------|------------------------|--------|---------|----------|
| t                | Fecha  | Pruebas | Regresión | Error en el pronóstico | MAD    | MSE     | MAPE (%) |
| 1                | ene-14 | 130     | 142.438   | -12                    | 12.44  | 154.71  | 9.6      |
| 2                | feb-14 | 110     | 141.869   | -32                    | 31.87  | 1015.66 | 29.0     |
| 3                | mar-14 | 157     | 141.301   | 16                     | 15.70  | 246.46  | 10.0     |
| 4                | abr-14 | 130     | 140.732   | -11                    | 10.73  | 115.18  | 8.3      |
| 5                | may-14 | 141     | 140.164   | 1                      | 0.84   | 0.70    | 0.6      |
| 6                | jun-14 | 156     | 139.595   | 16                     | 16.41  | 269.13  | 10.5     |
| 7                | jul-14 | 136     | 139.026   | -3                     | 3.03   | 9.16    | 2.2      |
| 8                | ago-14 | 127     | 138.458   | -11                    | 11.46  | 131.28  | 9.0      |
| 9                | sep-14 | 162     | 137.889   | 24                     | 24.11  | 581.34  | 14.9     |
| 10               | oct-14 | 168     | 137.320   | 31                     | 30.68  | 941.23  | 18.3     |
| 11               | nov-14 | 128     | 136.752   | -9                     | 8.75   | 76.59   | 6.8      |
| 12               | dic-14 | 157     | 136.183   | 21                     | 20.82  | 433.34  | 13.3     |
| 13               | ene-15 | 146     | 135.615   | 10                     | 10.39  | 107.86  | 7.1      |
| 14               | feb-15 | 116     | 135.046   | -19                    | 19.05  | 362.75  | 16.4     |
| 15               | mar-15 | 139     | 134.477   | 5                      | 4.52   | 20.45   | 3.3      |
| 16               | abr-15 | 137     | 133.909   | 3                      | 3.09   | 9.56    | 2.3      |
| 17               | may-15 | 117     | 133.340   | -16                    | 16.34  | 267.00  | 14.0     |
| 18               | jun-15 | 149     | 132.771   | 16                     | 16.23  | 263.37  | 10.9     |
| 19               | jul-15 | 126     | 132.203   | -6                     | 6.20   | 38.47   | 4.9      |
| 20               | ago-15 | 122     | 131.634   | -10                    | 9.63   | 92.82   | 7.9      |
| 21               | sep-15 | 146     | 131.066   | 15                     | 14.93  | 223.04  | 10.2     |
| 22               | oct-15 | 131     | 130.497   | 1                      | 0.50   | 0.25    | 0.4      |
| 23               | nov-15 | 106     | 129.928   | -24                    | 23.93  | 572.56  | 22.6     |
| 24               | dic-15 | 132     | 129.360   | 3                      | 2.64   | 6.97    | 2.0      |
| 25               | ene-16 | 128     | 128.791   | -1                     | 0.79   | 0.63    | 0.6      |
| 26               | feb-16 | 118     | 128.222   | -10                    | 10.22  | 104.50  | 8.7      |
| 27               | mar-16 | 127     | 127.654   | -1                     | 0.65   | 0.43    | 0.5      |
| 28               | abr-16 | 120     | 127.085   | -7                     | 7.09   | 50.20   | 5.9      |
| 29               | may-16 | 119     | 126.517   | -8                     | 7.52   | 56.50   | 6.3      |
| 30               | jun-16 | 143     | 125.948   | 17                     | 17.05  | 290.77  | 11.9     |
| 31               | jul-16 | 101     | 125.379   | -24                    | 24.38  | 594.35  | 24.1     |
| 32               | ago-16 | 128     | 124.811   | 3                      | 3.19   | 10.17   | 2.5      |
| 33               | sep-16 | 153     | 124.242   | 29                     | 28.76  | 827.02  | 18.8     |
| 34               | oct-16 | 131     | 123.673   | 7                      | 7.33   | 53.68   | 5.6      |
| 35               | nov-16 | 110     | 123.105   | -13                    | 13.10  | 171.73  | 11.9     |
| Promedio         |        |         |           | 1.3804E-14             | 12.410 | 231.424 | 9.462    |

**Minitab:**

|                      |    |           |           |          |
|----------------------|----|-----------|-----------|----------|
| Análisis             | de | tendencia | para      | C3       |
| Datos                | C3 |           |           |          |
| Longitud             |    | 35        |           |          |
| Número               | de | valores   | faltantes | 0        |
| Ecuación             | de | tendencia | ajustada  |          |
| Yt                   | =  |           | 143.01 -  | 0.569xt  |
| Medidas de exactitud |    |           |           |          |
| MAPE                 |    | 9.462     |           |          |
| MAD                  |    | 12.41     |           |          |
| MSD                  |    | 231.425   |           |          |
| Eliminar             |    |           |           |          |
| Tiempo               | C3 | Tendencia | tendencia |          |
|                      | 1  | 130       | 142.438   | -12.4381 |
|                      | 2  | 110       | 141.869   | -31.8695 |
|                      | 3  | 157       | 141.301   | 15.6992  |
|                      | 4  | 130       | 140.732   | -10.7322 |
|                      | 5  | 141       | 140.164   | 0.8364   |
|                      | 6  | 156       | 139.595   | 16.405   |
|                      | 7  | 136       | 139.026   | -3.0263  |
|                      | 8  | 127       | 138.458   | -11.4577 |
|                      | 9  | 162       | 137.889   | 24.1109  |
|                      | 10 | 168       | 137.32    | 30.6796  |
|                      | 11 | 128       | 136.752   | -8.7518  |
|                      | 12 | 157       | 136.183   | 20.8168  |
|                      | 13 | 146       | 135.615   | 10.3854  |
|                      | 14 | 116       | 135.046   | -19.0459 |
|                      | 15 | 139       | 134.477   | 4.5227   |
|                      | 16 | 137       | 133.909   | 3.0913   |
|                      | 17 | 117       | 133.34    | -16.3401 |
|                      | 18 | 149       | 132.771   | 16.2286  |
|                      | 19 | 126       | 132.203   | -6.2028  |
|                      | 20 | 122       | 131.634   | -9.6342  |
|                      | 21 | 146       | 131.066   | 14.9345  |
|                      | 22 | 131       | 130.497   | 0.5031   |
|                      | 23 | 106       | 129.928   | -23.9283 |
|                      | 24 | 132       | 129.36    | 2.6403   |
|                      | 25 | 128       | 128.791   | -0.791   |
|                      | 26 | 118       | 128.222   | -10.2224 |
|                      | 27 | 127       | 127.654   | -0.6538  |
|                      | 28 | 120       | 127.085   | -7.0852  |
|                      | 29 | 119       | 126.517   | -7.5165  |
|                      | 30 | 143       | 125.948   | 17.0521  |
|                      | 31 | 101       | 125.379   | -24.3793 |
|                      | 32 | 128       | 124.811   | 3.1894   |
|                      | 33 | 153       | 124.242   | 28.758   |
|                      | 34 | 131       | 123.673   | 7.3266   |
|                      | 35 | 110       | 123.105   | -13.1048 |

**Gráficas:**



**Comparación:**

| Excel   | Minitab  | Diferencia (%) |
|---------|----------|----------------|
| 142.438 | 142.438  | 0.000          |
| 141.869 | 141.869  | -0.001         |
| 141.301 | 141.301  | 0.000          |
| 140.732 | 140.732  | 0.000          |
| 140.164 | 140.164  | 0.001          |
| 139.595 | 139.595  | 0.000          |
| 139.026 | 139.026  | 0.000          |
| 138.458 | 138.458  | 0.000          |
| 137.889 | 137.889  | 0.000          |
| 137.320 | 137.32   | -0.001         |
| 136.752 | 136.752  | 0.000          |
| 136.183 | 136.183  | 0.000          |
| 135.615 | 135.615  | 0.001          |
| 135.046 | 135.046  | 0.000          |
| 134.477 | 134.477  | 0.000          |
| 133.909 | 133.909  | 0.000          |
| 133.340 | 133.34   | 0.000          |
| 132.771 | 132.771  | -0.001         |
| 132.203 | 132.203  | 0.000          |
| 131.634 | 131.634  | 0.000          |
| 131.066 | 131.066  | 0.001          |
| 130.497 | 130.497  | 0.000          |
| 129.928 | 129.928  | 0.000          |
| 129.360 | 129.36   | 0.000          |
| 128.791 | 128.791  | 0.000          |
| 128.222 | 128.222  | -0.001         |
| 127.654 | 127.654  | 0.000          |
| 127.085 | 127.085  | 0.000          |
| 126.517 | 126.517  | 0.001          |
| 125.948 | 125.948  | 0.000          |
| 125.379 | 125.379  | 0.000          |
| 124.811 | 124.811  | 0.000          |
| 124.242 | 124.242  | 0.000          |
| 123.673 | 123.673  | 0.000          |
| 123.105 | 123.105  | 0.000          |
|         | Promedio | 2.15E-06       |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.

## 5.2 CASO 2. MEDIANTE UNA PUBLICACIÓN:LIBRO .

### 5.2.1 DESCOMPOSICIÓN MULTIPLICATIVA

| DESCOMPOSICIÓN MULTILPLICATIVA |        |         |                   |                      |                   |                   |                           |           |            |
|--------------------------------|--------|---------|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-----------|------------|
| n                              | Fecha  | Pruebas | Prom. Móvil, n=12 | Media móvil centrada | Factor estacional | Índice estacional | Datos desestacionalizados | Regresión | Pronóstico |
| 1                              | ene-14 | 189     | ---               | ---                  | ---               | 0.493             | 383.462                   | 390.192   | 192.317    |
| 2                              | feb-14 | 229     | ---               | ---                  | ---               | 0.595             | 384.786                   | 399.618   | 237.827    |
| 3                              | mar-14 | 249     | ---               | ---                  | ---               | 0.595             | 418.517                   | 409.043   | 243.363    |
| 4                              | abr-14 | 289     | ---               | ---                  | ---               | 0.679             | 425.372                   | 418.468   | 284.310    |
| 5                              | may-14 | 260     | ---               | ---                  | ---               | 0.567             | 458.461                   | 427.894   | 242.665    |
| 6                              | jun-14 | 431     | ---               | ---                  | ---               | 0.991             | 434.811                   | 437.319   | 433.486    |
| 7                              | jul-14 | 660     | 447.833           | 450.125              | 1.466             | 1.466             | 450.258                   | 446.745   | 654.850    |
| 8                              | ago-14 | 777     | 452.417           | 455.208              | 1.707             | 1.692             | 459.351                   | 456.170   | 771.619    |
| 9                              | sep-14 | 915     | 458.000           | 460.917              | 1.985             | 1.988             | 460.167                   | 465.595   | 925.794    |
| 10                             | oct-14 | 613     | 463.833           | 467.208              | 1.312             | 1.306             | 469.308                   | 475.021   | 620.461    |
| 11                             | nov-14 | 485     | 470.583           | 472.792              | 1.026             | 1.028             | 471.819                   | 484.446   | 497.980    |
| 12                             | dic-14 | 277     | 475.000           | 480.208              | 0.577             | 0.600             | 461.997                   | 493.872   | 296.111    |
| 13                             | ene-15 | 244     | 485.417           | 492.542              | 0.495             | 0.493             | 495.051                   | 503.297   | 248.064    |
| 14                             | feb-15 | 296     | 499.667           | 507.292              | 0.583             | 0.595             | 497.365                   | 512.722   | 305.140    |
| 15                             | mar-15 | 319     | 514.917           | 524.792              | 0.608             | 0.595             | 536.173                   | 522.148   | 310.656    |
| 16                             | abr-15 | 370     | 534.667           | 540.750              | 0.684             | 0.679             | 544.594                   | 531.573   | 361.154    |
| 17                             | may-15 | 313     | 546.833           | 551.917              | 0.567             | 0.567             | 551.917                   | 540.998   | 306.808    |
| 18                             | jun-15 | 556     | 557.000           | 560.917              | 0.991             | 0.991             | 560.917                   | 550.424   | 545.599    |
| 19                             | jul-15 | 831     | 564.833           | 567.083              | 1.465             | 1.466             | 566.916                   | 559.849   | 820.642    |
| 20                             | ago-15 | 960     | 569.333           | 572.750              | 1.676             | 1.692             | 567.538                   | 569.275   | 962.938    |
| 21                             | sep-15 | 1152    | 576.167           | 578.417              | 1.992             | 1.988             | 579.358                   | 578.700   | 1150.693   |
| 22                             | oct-15 | 759     | 580.667           | 583.708              | 1.300             | 1.306             | 581.085                   | 588.125   | 768.196    |
| 23                             | nov-15 | 607     | 586.750           | 589.292              | 1.030             | 1.028             | 590.504                   | 597.551   | 614.244    |
| 24                             | dic-15 | 371     | 591.833           | 596.167              | 0.622             | 0.600             | 618.776                   | 606.976   | 363.925    |
| 25                             | ene-16 | 298     | 600.500           | 607.708              | 0.490             | 0.493             | 604.612                   | 616.402   | 303.811    |
| 26                             | feb-16 | 378     | 614.917           | 622.958              | 0.607             | 0.595             | 635.148                   | 625.827   | 372.453    |
| 27                             | mar-16 | 373     | 631.000           | 640.833              | 0.582             | 0.595             | 626.936                   | 635.252   | 377.948    |
| 28                             | abr-16 | 443     | 650.667           | 656.708              | 0.675             | 0.679             | 652.040                   | 644.678   | 437.998    |
| 29                             | may-16 | 374     | 662.750           | 667.25               | 0.561             | 0.567             | 659.479                   | 654.103   | 370.952    |
| 30                             | jun-16 | 660     | 671.750           | 674.66               | 0.978             | 0.991             | 665.836                   | 663.529   | 657.713    |
| 31                             | jul-16 | 1004    | 677.583           | ---                  | ---               | 1.466             | 684.938                   | 672.954   | 986.434    |
| 32                             | ago-16 | 1153    | ---               | ---                  | ---               | 1.692             | 681.637                   | 682.379   | 1154.257   |
| 33                             | sep-16 | 1388    | ---               | ---                  | ---               | 1.988             | 698.045                   | 691.805   | 1375.591   |
| 34                             | oct-16 | 904     | ---               | ---                  | ---               | 1.306             | 692.096                   | 701.230   | 915.931    |
| 35                             | nov-16 | 715     | ---               | ---                  | ---               | 1.028             | 695.569                   | 710.656   | 730.509    |
| 36                             |        | 441     | ---               | ---                  | ---               | 0.600             | 735.526                   | 720.081   | 431.740    |

Libro:

| t  | Yt   | Media móvil<br>de 12<br>periodos | CMA=<br>(Trt)(clt) | (snt)(irt)=<br>yt/(Trt)(clt) | snt   | dt= yt/snt | trt     | yt=(trt)(snt) |
|----|------|----------------------------------|--------------------|------------------------------|-------|------------|---------|---------------|
| 1  | 189  | ---                              | ---                | ---                          | 0.493 | 383.37     | 389.652 | 192.1         |
| 2  | 229  | ---                              | ---                | ---                          | 0.596 | 384.23     | 399.141 | 237.89        |
| 3  | 249  | ---                              | ---                | ---                          | 0.595 | 418.49     | 408.63  | 243.13        |
| 4  | 289  | ---                              | ---                | ---                          | 0.68  | 425        | 418.119 | 284.32        |
| 5  | 260  | ---                              | ---                | ---                          | 0.564 | 460.99     | 427.608 | 241.17        |
| 6  | 431  | ---                              | ---                | ---                          | 0.986 | 437.12     | 437.097 | 430.98        |
| 7  | 660  | 447.833                          | 450.1              | 1.466                        | 1.467 | 449.9      | 446.586 | 655.14        |
| 8  | 777  | 452.417                          | 455.2              | 1.707                        | 1.693 | 458.95     | 456.075 | 772.13        |
| 9  | 915  | 458                              | 460.9              | 1.985                        | 1.99  | 459.79     | 465.564 | 926.47        |
| 10 | 613  | 463.833                          | 467.2              | 1.312                        | 1.307 | 469.01     | 475.053 | 620.89        |
| 11 | 485  | 470.583                          | 472.8              | 1.026                        | 1.029 | 471.33     | 489.542 | 498.59        |
| 12 | 277  | 457                              | 480.2              | 0.577                        | 0.6   | 461.67     | 494.031 | 296.42        |
| 13 | 244  | 458.417                          | 492.5              | 0.495                        | 0.493 | 494.97     | 506.52  | 248.24        |
| 14 | 296  | 499.667                          | 507.3              | 0.583                        | 0.596 | 496.64     | 513.009 | 305.75        |
| 15 | 319  | 514.917                          | 524.8              | 0.608                        | 0.595 | 536.13     | 522.498 | 310.89        |
| 16 | 370  | 534.667                          | 540.7              | 0.684                        | 0.68  | 544.12     | 531.987 | 361.75        |
| 17 | 313  | 546.833                          | 551.9              | 0.567                        | 0.564 | 554.97     | 541.476 | 305.39        |
| 18 | 556  | 557                              | 560.9              | 0.991                        | 0.986 | 563.89     | 550.965 | 543.25        |
| 19 | 831  | 564.833                          | 567.1              | 1.465                        | 1.467 | 566.46     | 560.454 | 822.19        |
| 20 | 960  | 569.333                          | 572.7              | 1.676                        | 1.693 | 567.04     | 569.943 | 964.91        |
| 21 | 1152 | 576.167                          | 578.4              | 1.992                        | 1.99  | 578.89     | 579.432 | 1153.07       |
| 22 | 759  | 580.667                          | 583.7              | 1.3                          | 1.307 | 580.72     | 588.921 | 769.72        |
| 23 | 607  | 586.75                           | 589.3              | 1.03                         | 1.029 | 589.89     | 598.41  | 615.76        |
| 24 | 371  | 591.833                          | 596.2              | 0.622                        | 0.6   | 618.33     | 607.889 | 364.74        |
| 25 | 298  | 600.5                            | 607.7              | 0.49                         | 0.493 | 604.46     | 617.388 | 304.37        |
| 26 | 378  | 614.917                          | 623                | 0.607                        | 0.596 | 634.23     | 626.877 | 373.62        |
| 27 | 373  | 631                              | 640.8              | 0.582                        | 0.595 | 626.89     | 636.366 | 378.64        |
| 28 | 443  | 650.667                          | 656.7              | 0.675                        | 0.68  | 651.47     | 645.855 | 439.18        |
| 29 | 374  | 662.75                           | 667.3              | 0.561                        | 0.564 | 663.12     | 655.344 | 369.61        |
| 30 | 660  | 671.75                           | 674.7              | 0.978                        | 0.986 | 669.37     | 664.833 | 655.53        |
| 31 | 1004 | 677.583                          | ---                | ---                          | 1.467 | 684.39     | 674.322 | 989.23        |
| 32 | 1153 | ---                              | ---                | ---                          | 1.693 | 681.04     | 683.811 | 1157.69       |
| 33 | 1388 | ---                              | ---                | ---                          | 1.99  | 697.49     | 693.3   | 1379.67       |
| 34 | 904  | ---                              | ---                | ---                          | 1.307 | 691.66     | 702.879 | 918.55        |
| 35 | 715  | ---                              | ---                | ---                          | 1.029 | 694.85     | 712.278 | 732.93        |
| 36 | 441  | ---                              | ---                | ---                          | 0.6   | 735        | 712.707 | 433.06        |

**Comparación:**

| Libro   | Excel           | Diferencia (%) |
|---------|-----------------|----------------|
| 192.1   | 192.317         | -0.113         |
| 237.89  | 237.827         | 0.026          |
| 243.13  | 243.363         | -0.096         |
| 284.32  | 284.310         | 0.004          |
| 241.17  | 242.665         | -0.620         |
| 430.98  | 433.486         | -0.581         |
| 655.14  | 654.850         | 0.044          |
| 772.13  | 771.619         | 0.066          |
| 926.47  | 925.794         | 0.073          |
| 620.89  | 620.461         | 0.069          |
| 498.59  | 497.980         | 0.122          |
| 296.42  | 296.111         | 0.104          |
| 248.24  | 248.064         | 0.071          |
| 305.75  | 305.140         | 0.200          |
| 310.89  | 310.656         | 0.075          |
| 361.75  | 361.154         | 0.165          |
| 305.39  | 306.808         | -0.464         |
| 543.25  | 545.599         | -0.432         |
| 822.19  | 820.642         | 0.188          |
| 964.91  | 962.938         | 0.204          |
| 1153.07 | 1150.693        | 0.206          |
| 769.72  | 768.196         | 0.198          |
| 615.76  | 614.244         | 0.246          |
| 364.74  | 363.925         | 0.223          |
| 304.37  | 303.811         | 0.184          |
| 373.62  | 372.453         | 0.312          |
| 378.64  | 377.948         | 0.183          |
| 439.18  | 437.998         | 0.269          |
| 369.61  | 370.952         | -0.363         |
| 655.53  | 657.713         | -0.333         |
| 989.23  | 986.434         | 0.283          |
| 1157.69 | 1154.257        | 0.297          |
| 1379.67 | 1375.591        | 0.296          |
| 918.55  | 915.931         | 0.285          |
| 732.93  | 730.509         | 0.330          |
| 433.06  | 431.740         | 0.305          |
|         | <b>Promedio</b> | <b>0.056</b>   |

El promedio de las diferencias no excede el 5%.



## **6. RESULTADOS.**

En promedio, las diferencias entre la hoja de cálculos y los recursos utilizados para hacer la comparación no exceden el 5%, por lo que la hoja de cálculo se considera validada.

## **7. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.**

PRO-XX, procedimiento para la validación de hojas de cálculo.

Hernández Nava, María del Carmen. (2018). PROCEDIMIENTO DE MEJORA DE CONTROL DE INVENTARIOS PARA UN LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS. Ciudad de México: TESIS UNAM.

## **8. ANEXOS.**

N/A

### ANEXO 3. EJEMPLO DE CALCULO DE NÚMERO DE PRUEBAS PARA LOS ANALITOS

| <b>DIFENILHIDANTOINA</b> |                |                              |                     |              |
|--------------------------|----------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| <b>Fecha</b>             | <b>Pruebas</b> | <b>Pruebas por controles</b> | <b>Calibradores</b> | <b>Total</b> |
| ene-14                   | 52             | 12                           | 66                  | 130          |
| feb-14                   | 41             | 12                           | 57                  | 110          |
| mar-14                   | 64             | 36                           | 57                  | 157          |
| abr-14                   | 52             | 12                           | 66                  | 130          |
| may-14                   | 66             | 12                           | 63                  | 141          |
| jun-14                   | 57             | 36                           | 63                  | 156          |
| jul-14                   | 55             | 12                           | 69                  | 136          |
| ago-14                   | 52             | 12                           | 63                  | 127          |
| sep-14                   | 63             | 36                           | 63                  | 162          |
| oct-14                   | 87             | 12                           | 69                  | 168          |
| nov-14                   | 59             | 12                           | 57                  | 128          |
| dic-14                   | 55             | 36                           | 66                  | 157          |
| ene-15                   | 71             | 12                           | 63                  | 146          |
| feb-15                   | 47             | 12                           | 57                  | 116          |
| mar-15                   | 46             | 36                           | 57                  | 139          |
| abr-15                   | 62             | 12                           | 63                  | 137          |
| may-15                   | 45             | 12                           | 60                  | 117          |
| jun-15                   | 47             | 36                           | 66                  | 149          |
| jul-15                   | 45             | 12                           | 69                  | 126          |
| ago-15                   | 47             | 12                           | 63                  | 122          |
| sep-15                   | 41             | 36                           | 69                  | 146          |
| oct-15                   | 53             | 12                           | 66                  | 131          |
| nov-15                   | 34             | 12                           | 60                  | 106          |
| dic-15                   | 30             | 36                           | 66                  | 132          |
| ene-16                   | 56             | 12                           | 60                  | 128          |
| feb-16                   | 46             | 12                           | 60                  | 118          |
| mar-16                   | 28             | 36                           | 63                  | 127          |
| abr-16                   | 45             | 12                           | 63                  | 120          |
| may-16                   | 41             | 12                           | 66                  | 119          |
| jun-16                   | 41             | 36                           | 66                  | 143          |
| jul-16                   | 26             | 12                           | 63                  | 101          |
| ago-16                   | 47             | 12                           | 69                  | 128          |
| sep-16                   | 54             | 36                           | 63                  | 153          |
| oct-16                   | 56             | 12                           | 63                  | 131          |
| nov-16                   | 35             | 12                           | 63                  | 110          |
| dic-16                   | 10             | 36                           | 66                  | 112          |

| <b>GH</b>     |                |                              |                     |              |
|---------------|----------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| <b>Fecha</b>  | <b>Pruebas</b> | <b>Pruebas por controles</b> | <b>Calibradores</b> | <b>Total</b> |
| <b>ene-14</b> | 22             | 66                           | 12                  | 100          |
| <b>feb-14</b> | 19             | 57                           | 12                  | 88           |
| <b>mar-14</b> | 24             | 57                           | 12                  | 93           |
| <b>abr-14</b> | 24             | 66                           | 12                  | 102          |
| <b>may-14</b> | 27             | 63                           | 12                  | 102          |
| <b>jun-14</b> | 22             | 63                           | 12                  | 97           |
| <b>jul-14</b> | 15             | 69                           | 12                  | 96           |
| <b>ago-14</b> | 27             | 63                           | 12                  | 102          |
| <b>sep-14</b> | 16             | 63                           | 12                  | 91           |
| <b>oct-14</b> | 19             | 69                           | 12                  | 100          |
| <b>nov-14</b> | 12             | 57                           | 12                  | 81           |
| <b>dic-14</b> | 30             | 66                           | 12                  | 108          |
| <b>ene-15</b> | 19             | 63                           | 12                  | 94           |
| <b>feb-15</b> | 15             | 57                           | 12                  | 84           |
| <b>mar-15</b> | 22             | 57                           | 12                  | 91           |
| <b>abr-15</b> | 21             | 63                           | 12                  | 96           |
| <b>may-15</b> | 16             | 60                           | 12                  | 88           |
| <b>jun-15</b> | 43             | 66                           | 12                  | 121          |
| <b>jul-15</b> | 34             | 69                           | 12                  | 115          |
| <b>ago-15</b> | 32             | 63                           | 12                  | 107          |
| <b>sep-15</b> | 29             | 69                           | 12                  | 110          |
| <b>oct-15</b> | 42             | 66                           | 12                  | 120          |
| <b>nov-15</b> | 24             | 60                           | 12                  | 96           |
| <b>dic-15</b> | 33             | 66                           | 12                  | 111          |
| <b>ene-16</b> | 29             | 60                           | 12                  | 101          |
| <b>feb-16</b> | 31             | 60                           | 12                  | 103          |
| <b>mar-16</b> | 25             | 63                           | 12                  | 100          |
| <b>abr-16</b> | 37             | 63                           | 12                  | 112          |
| <b>may-16</b> | 25             | 66                           | 12                  | 103          |
| <b>jun-16</b> | 29             | 66                           | 12                  | 107          |
| <b>jul-16</b> | 25             | 63                           | 12                  | 100          |
| <b>ago-16</b> | 25             | 69                           | 12                  | 106          |
| <b>sep-16</b> | 26             | 63                           | 12                  | 101          |
| <b>oct-16</b> | 24             | 63                           | 12                  | 99           |
| <b>nov-16</b> | 15             | 63                           | 12                  | 90           |
| <b>dic-16</b> | 2              | 66                           | 12                  | 80           |

**ANEXO 4. PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE (Alvarez Cáceres, 1996).**

| <b>PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE</b> |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>n</b>   | <b><math>\alpha=.05</math></b> |
| 1  | 0.97500                        |
| 2  | 0.84189                        |
| 3  | 0.70760                        |
| 4  | 0.62394                        |
| 5  | 0.56328                        |
| 6  | 0.51926                        |
| 7  | 0.48342                        |
| 8  | 0.45427                        |
| 9  | 0.43001                        |
| 10   | 0.40925                        |
| 11   | 0.39122                        |
| 12   | 0.37543                        |
| 13   | 0.36143                        |
| 14   | 0.34890                        |
| 15   | 0.33750                        |
| 16   | 0.32733                        |
| 17   | 0.31796                        |
| 18   | 0.30936                        |
| 19   | 0.30143                        |
| 20   | 0.29408                        |
| 21   | 0.28724                        |
| 22   | 0.28087                        |
| 23   | 0.27491                        |
| 24   | 0.26931                        |
| 25   | 0.26404                        |

| <b>PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV SOBRE BONDAD DE AJUSTE</b> |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>n</b>   | <b><math>\alpha=.05</math></b> |
| 26   | 0.25908                        |
| 27   | 0.25438                        |
| 28   | 0.24993                        |
| 29   | 0.24571                        |
| 30   | 0.24170                        |
| 31   | 0.23788                        |
| 32   | 0.23424                        |
| 33   | 0.23076                        |
| 34   | 0.22743                        |
| 35   | 0.22425                        |
| 36   | 0.22119                        |
| 37   | 0.21826                        |
| 38   | 0.21544                        |
| 39   | 0.21273                        |
| 40   | 0.21012                        |
| 41   | 0.20760                        |
| 42   | 0.20517                        |
| 43   | 0.20283                        |
| 44   | 0.20056                        |
| 45   | 0.19837                        |
| 46   | 0.19625                        |
| 47   | 0.19420                        |
| 48   | 0.19221                        |
| 49   | 0.19028                        |
| 50   | 0.18841                        |
| n > 50   | $\frac{1.36}{\sqrt{n}}$        |

