



**Criterios para la valorización óptima del inventario de
productos químicos para el fluido de perforación en
pozos petroleros en Colombia**

ALUMNO: Remberto Manuel Gómez Pérez

TUTOR: Mauro Bellina

AÑO: 2019

LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES



AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias primeramente a Dios sobre todas las cosas por ser mi guía y fortaleza para lograr mis objetivos profesionales.

Gracias a mi esposa y a mis hijos que, sin su apoyo incondicional, amor y tolerancia no hubiera podido terminar este proyecto.

A mi facultad, la ilustre Universidad Torcuato Di Tella, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

A mi tutor Mauro Bellina, por su valiosa guía, asesoría y dedicación para la realización de mi tesis de grado.

Gracias a mis padres y todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

A todos mil gracias...

Remberto Gómez



RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo diseñar una tabla que nos permita una mejor elección del volumen de inventario óptimo de productos para la fabricación del fluido de perforación en un pozo, dependiendo de las características físicas del pozo y la incorporación de datos estadísticos que nos permitan optimizar el costo de capital de los inventarios, e indirectamente mejorar la calidad del servicio al asegurar el abastecimiento continuo de los productos durante las operaciones de perforación.

La aplicación del modelo Wilson - Harris, nos permitió demostrar que la inclusión del concepto de "stock" de seguridad (S_s), para poder garantizar un beneficio económico al reducir el costo total de gerenciamiento del inventario por pozo. De forma similar, logramos observar una reducción en el costo total de gerenciamiento del inventario aplicando nuestra tabla propuesta, si seguimos la recomendación de hacer los pedidos de productos en el número ($N = D/Q^*$) resultante de la aplicación del modelo de Wilson - Harris para solicitar cada producto (Q).



PALABRAS CLAVE:

Inventarios, Optimizar inventario, Optimizar el costo de capital por inventarios, Optimizar inventario de productos para el fluido de perforación en un pozo, calidad del servicio, aseguramiento del abastecimiento continuo de los productos durante las operaciones de perforación.

KEY WORDS:

Inventories, Optimize inventory, Optimize capital cost by inventories, Optimize inventory of products for drilling fluid in a well, quality of service, assurance of continuous supply of products during drilling operations.



INDICE

1. INTRODUCCION

- 1.1 Objetivos de la Tesis
- 1.2 Metodología
- 1.3 Población y Muestra
- 1.4 Hipótesis de la Tesis a Verificar

2. MARCO TEORICO

2.1 CAPITULO I: Reseña Histórica

- 2.1.1 Reseña Histórica de la industria petrolera en Colombia
- 2.1.2 La Organización – Perfil Corporativo de Halliburton

2.2 CAPITULO II: Análisis de modelos de gestión de inventarios

- 2.2.1 Importancia de la gestión de los Inventarios
- 2.2.2 Modelos de Gestión de Inventarios
- 2.2.3 Políticas y Sistemas de Gestión de Inventarios
- 2.2.4 Métodos de Reaprovisionamiento
- 2.2.5 Método de Pedido Optimo o Modelo de Harris - Wilson

2.3 CAPITULO III: Aplicación del Modelo Harris – Wilson

- 2.3.1 Diseño de Tabla para calcular Inventario Optimo
- 2.3.2 Aplicación de Caso Real
- 2.3.3 Diseño Geométrico de un Pozo Tipo Acacias
- 2.3.4 Calculo de Inventario de productos usando el método tradicional
- 2.3.5 Calculo de Inventario de productos usando la Tabla para calcular Inventario Optimo

3. CONCLUSIONES

- 3.1 Hipótesis 1
- 3.2 Hipótesis 2
- 3.3 Hipótesis 3

4. FUTURAS INVESTIGACIONES

5. BIBLIOGRAFIA / ANEXOS



1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como objetivo brindar una metodología y organización de los criterios para diseñar una tabla que nos permita una mejor elección del volumen de inventario de productos para el fluido de perforación en un pozo, dependiendo de las características físicas del pozo y la incorporación de datos estadísticos para poder generar ventajas competitivas al mejorar la calidad del servicio, mediante el aseguramiento del abastecimiento continuo de los productos durante las operaciones de perforación.

Al trabajo tradicional de proyección de consumo de productos para el fluido de perforación, basado en las características físicas del pozo (Profundidad, Diámetros, presión Hidrostática, etc.) incorporaremos datos estadísticos basado en los consumos reales de un número determinado de pozos en el área (Acacias, Meta – Colombia), lo cual nos permitirá ser más precisos y más eficientes al reducir el costo de capital relacionado al almacenamiento y al transporte de los productos al lugar de la perforación del pozo.

Iniciaremos con breve reseña histórica de la industria petrolera en Colombia, donde destacaremos los hitos más importantes de los últimos 100 años. Pasaremos, a hablar sobre el perfil corporativo de Halliburton, su historia y como la línea de servicio de fluidos de Perforación, Baroid, plantea la gestión de sus inventarios. Luego nos adentraremos en la importancia de gestionar inventarios y los diferentes modelos, como aplicarlo en un caso real, que nos permita comparar y mostrar las ventajas de la inclusión de herramientas estadísticas en nuestras operaciones.

Es importante mencionar que todo lo enunciado también tiene una gran base en la experiencia laboral personal de más de 20 años en la industria de los fluidos de perforación así también la capacitación brindada por la Universidad Torcuato Di Tella respecto al gerenciamiento de inventarios, pudiendo corroborar muy firmemente las conclusiones que se llegaron al final de esta tesis.



1.1 Objetivos de la Tesis

La presente tesis tiene como objetivo brindar una metodología y un ordenamiento de los criterios para diseñar una tabla que nos permita una mejor elección del volumen de inventario de productos para el fluido de perforación en un pozo, dependiendo de las características físicas del pozo y la incorporación de datos estadísticos para poder generar ventajas competitivas al optimizar el costo de capital de los inventarios y también poder mejorar la calidad del servicio, mediante el aseguramiento del abastecimiento continuo de los productos durante las operaciones de perforación.

1.2 Metodología

Este estudio es una investigación descriptiva no experimental dado que utiliza información real sobre la demanda de los productos usados para fabricar el fluido de perforación, en un periodo de 12 meses, por uno de los taladros de perforación que operan en el área de Acacias y Castilla La Nueva, Meta, y relaciona el volumen de las ordenes a solicitar aplicando la tabla que propuesta en esta tesis que incorpora análisis estadístico y la aplicación del Modelo Harris Wilson con la gestión tradicional de inventario y de las ordenes de productos para el reabastecimiento y atendimento de las operaciones de perforación.

1.3 Población y muestra

La población de esta investigación la conformara el departamento de materiales y logística y un Técnico en planeación de la línea de fluidos de perforación de Halliburton Colombia, que está compuesto por un Jefe, dos supervisores y un planeador de demanda. Se aplicará una entrevista a los supervisores, al planeador de demanda y al técnico de planeación para determinar la forma como se gestionan los inventarios actualmente. La población de productos a estudiar será de 30 productos, que son usados en el área de operación de los pozos en 2018.

1.4 Hipótesis de la Tesis a Verificar

Hipótesis No.1: El mantener un adecuado nivel de inventarios es factor clave para asegurar una buena calidad del hueco perforado, pues nos permitirá reaccionar ante los desafíos que repetidamente se presentan en el



área de Acacias y Castilla La Nueva, en el estado del Meta, Colombia, asegurando la continuidad del servicio y sin recurrir a costos extras en movilización extemporánea de materiales.

Hipótesis No. 2: Con la aplicación de la tabla que incluye la recomendación de un “stock” de seguridad (S_s), calculado con base en los consumos históricos en el área estudiada y aplicando el Modelo de Harris - Wilson, garantizaremos un beneficio económico a la empresa al reducir en más del 20% el costo total de gerenciamiento del inventario por pozo.

Hipótesis No. 3: Si aplicamos la tabla y seguimos la recomendación de hacer los pedidos de productos en el número ($N = D/Q^*$) resultante de la aplicación del modelo de Harris – Wilson, lograremos una reducción de más del 50% en el costo total de gerenciamiento del inventario.



2. MARCO TEORICO

2.1. CAPITULO I: Reseña Histórica y Perfil Corporativo

2.1.1 Reseña Histórica de la industria Petrolera en Colombia

En 1918, el pozo Infantas, primer hallazgo de petróleo, marcó el despegue de la industria petrolera.



Figura 1: Panorámica antigua refinería de Barrancabermeja en sus comienzos, en el año 1922

Quizás los millones de conductores, que a diario encienden sus vehículos y motocicletas para ir al trabajo, o los miles de viajeros que suben a un avión desconocen que uno de los factores clave para que la industria petrolera se desarrollara en el país, a partir de 1920, fueron las medidas antimonopolio del Gobierno de Estados Unidos para contener el enorme poder que llegó a ostentar el controvertido empresario John Rockefeller, quien era el amo y señor del negocio en ese país.

En los años previos, según relata el profesor Xavier Durán en el libro de los 60 años de Ecopetrol, el escritor Jorge Isaacs, ya famoso por su obra cumbre María, pero quien también era empresario, recorrió junto a su colega de Lorica, Córdoba, Diego Martínez, los primeros afloramientos de crudo del Sinú, fue el primero en obtener una concesión petrolera, en 1886, que luego vendió en 1894.



Once años más tarde, en 1905, por el freno de la Primera Guerra Mundial, Roberto de Mares, otro de los pioneros, con el apoyo del presidente Rafael Reyes, su padrino de matrimonio, obtuvo la concesión petrolera que llevaría su apellido, ubicada en Barrancabermeja, Santander, cuna del petróleo.

El contrato, que fue a 30 años, estipulaba que el Gobierno se quedaba con el 15 por ciento de la producción neta, y para estimular la exploración, el Ejecutivo daba 1.000 hectáreas de baldíos por cada uno de los primeros 5 pozos que resultaran exitosos.

El ambiente era tenso, pues Colombia venía de perder en 1903 a Panamá, pero como los estadounidenses ya tenían avances en la industria, el presidente Reyes le pidió a Diego Martínez, otro de los precursores del sector –impulsó en Cartagena la refinería de aceite para el alumbrado– ser el enlace para reactivar las relaciones con EE. UU., para iniciar las primeras búsquedas de crudo.

De acuerdo con los registros históricos, para 1913 inversionistas británicos de la petrolera Weetman Pearson también se interesaron, pero el brazo hábil de Rockefeller, a través de la firma Standard Oil de New Jersey – fruto de la división adoptada por el Gobierno norteamericano- presionó para bloquear el negocio.

En medio de un creciente sentimiento antinorteamericano y tras las intrigas sobre la posibilidad de que la eventual entrada de la británica afectara la compensación de Estados Unidos a Colombia por Panamá, esta firma europea desistió de la idea.

En paralelo, Martínez llegó a un acuerdo con la Standard Oil de Nueva Jersey para explorar en el Sinú, pero tras inyectar 750.000 pesos de la época la firma abandonó las iniciativas, pese a haber enviado un geólogo a analizar el potencial de las áreas de la concesión De Mares.

Ante esto, Roberto de Mares se asoció con los empresarios americanos Michael Benédum, Joe Trass y George Crawford, quienes habían creado el 20 de mayo de 1916, en Wilmington (Delaware), la icónica Tropical Oil Company (Troco), que con un capital de \$ 50 millones, se asoció con De Mares para explorar en la zona y dos años más tarde, en 1918, el esfuerzo dio sus frutos, con la perforación del pozo Infantas, que encontró crudo con una cifra para nada despreciable para la incipiente época: 2.000 barriles diarios.

Con el camino despejado, la mano de Rockefeller se volvió a activar, y a



través de la petrolera Standard Oil de Nueva Jersey compró a la Troco y terminó por dominar el sector petrolero nacional durante la primera mitad del siglo XX.

En ese periodo tomó vuelo la producción, que arrancó con 0,06 millones de barriles al año y, con algunos bajonazos, tocó pico en 1949, cuando se extrajeron 29,7 millones de barriles, según Ecopetrol.



Figura 2: Pozo Infantas, primer pozo productor de petróleo del país en 1918

Además, en 1921 comenzó la operación de la refinería de Barrancabermeja, mientras que con las enormes dificultades que implicaba “romper la selva”, la “Andian National Corporation” construyó el primer oleoducto para llevar los crudos hasta Mamonal, cerca de Cartagena. Se trataba de una línea de 538 kilómetros y 10 estaciones de bombeo que permitió, el 10 de junio de 1926, otro de los hitos importantes: la primera exportación a Estados Unidos. Fueron 88.172 barriles los que zarparon hacia ese país.

El oleoducto tuvo capacidad inicial de 30.000 barriles por día, y su contrato estaba pactado a 50 años, con la condición de que terceros lo pudieran usar. En los años siguientes, otras petroleras comenzaron a llegar al país, atraídas por las oportunidades de negocio, entre ellas la Texas Petroleum Company, que tuvo un área en Puerto Boyacá, la Societé Européene de Petroles y la Compañía de Petróleo El Cóndor.



Esta última, tras recibir en 1938 en Yondó, Antioquia, una concesión, fue comprada en ese mismo año por la holandesa Shell, que para 1951 produjo más de 12 millones de barriles, la tercera parte de la producción del país. En este periodo, fueron más de 20 las empresas que arribaron al país. Este desarrollo generó un rápido avance de Barrancabermeja, que pasó a tener hospital, escuelas, carreteras, ferrocarril exclusivo para las operaciones petroleras y el puerto sobre el río Magdalena. Pero el progreso no estuvo adornado de un camino de rosas propiamente, pues se generaron tres clases claramente marcadas: los empleados estadounidenses, el personal administrativo colombiano de la operación y los obreros, confinados a las barracas (asentamientos informales). Para 1940 la unidad de ventas de Standard Oil de Nueva Jersey se convirtió en ESSO, pero años más tarde el ambiente volvió a complicarse luego de los sucesos del 9 de abril de 1948, que reactivaron el sentimiento antinorteamericano durante los años previos a la terminación del contrato De Mares, influenciado por la nacionalización del petróleo en México, ocurrida 10 años atrás. En 1946, Halliburton expande sus negocios internacionales e inicia operaciones en Colombia.

Según las reseñas sobre esa época, los años previos a 1951, en el gobierno de Mariano Ospina Pérez, comenzaron las gestiones previas para la reversión del contrato De Mares – el del primer hallazgo – y que terminaba ese año, al tiempo que se creó el Consejo Nacional de Petróleos. Y fue el 26 de agosto de 1951, en la administración de Laureano Gómez, cuando la concesión De Mares revirtió al Estado y la naciente Ecopetrol se hizo cargo de la operación de las áreas en Barrancabermeja, año en el que la producción total de crudo fue de 23,6 millones de barriles.

En los años siguientes, Ecopetrol implementó nuevas plantas en la refinería, que pasó a administrar en 1961, pero la producción no subía, mientras crecía la demanda por combustibles. Y si bien en 1963 se descubrió el campo Orito, en Putumayo, con reservas por 240 millones de barriles, se encontró petróleo (pesado) en el campo Castilla (Meta) y se descubrió el campo Chuchupa en La Guajira, que con 7 terapiés cúbicos sigue produciendo hoy, en 1973 Colombia se convirtió en importador. Por ello, para mover la inversión, en 1974 se creó el contrato de asociación, que comenzó a atraer a diversas empresas y que en 1981 produjo el que muchos consideran el mayor hito de nuestra historia petrolera. De la mano de Occidental Petroleum, se descubrió el campo Caño Limón, en Arauca, cuyas reservas de 1.250 millones de barriles dispararon los recursos petroleros, que permitieron recuperar la autosuficiencia. En 1985, cuando fue inaugurado el oleoducto Caño Limón- Coveñas de 770 kilómetros, la



producción saltó de 64 millones de barriles anuales a 137 millones de barriles en 1988 y a 155 millones de barriles en 1991.

Durante esos años, Ecopetrol no logró crecer porque casi todo lo que ganaba se transfería al Gobierno, hasta que en el 2003 nació la Agencia Nacional de Hidrocarburos, encargada de la suscripción y administración de contratos y de impulsar a la industria durante un el fuerte auge de precios altos (140 dólares por barril el 30 de junio de 2007) que duró hasta junio del 2014, cuando estaba en 105 dólares y descendió a menos de 30 dólares en enero del 2016. No obstante, en los últimos 11 años, con la transformación de Ecopetrol en una empresa de más de 400.000 accionistas, el petróleo ha impulsado la inversión extranjera, llegando a ser el 42 % de los recursos foráneos en el 2009 y a aportar el 23 por ciento de los ingresos corrientes de la Nación en el 2012, porcentaje que fue bajando hasta el 6 por ciento en el 2016.

Hoy, cuando los precios del petróleo vuelven a rozar los 60 dólares y con las lecciones aprendidas de ahorrar a pesar de las bonanzas, el sector vuelve a ganar terreno en su aporte a las finanzas públicas y a emprender nuevos retos para ganarse la aceptación de las comunidades de las zonas productoras, en busca de su sostenibilidad.

2.1.2 Perfil Corporativo de Halliburton

Fundada en 1919, Halliburton es uno de los proveedores de productos y servicios más grandes del mundo para la industria de la energía. Con más de 55,000 empleados, que representan a 140 nacionalidades en más de 80 países, la compañía ayuda a sus clientes a maximizar el valor durante todo el ciclo de vida del reservorio, desde la localización de hidrocarburos y la gestión de datos geológicos, hasta la perforación y evaluación de formaciones, la construcción y terminación de pozos y la optimización de la producción a lo largo de la vida del activo.

2.1.2.1 Misión, Visión y Valores

En Halliburton, se colabora y diseñan soluciones para maximizar el valor de los activos de los clientes: esta es la propuesta de valor. La misión identifica lo que se hace hoy, por qué se hace y por quién. La visión define lo que se aspira ser y cómo será el éxito.



2.1.2.1.1 Misión

Lograr un crecimiento y retorno de inversión superior para los accionistas mediante la entrega de tecnología y servicios que mejoren la eficiencia, aumenten la recuperación y maximicen la producción para los clientes.

2.1.2.1.2 Visión

Ofrecer una experiencia insuperable a los clientes, como líderes de pensamiento globalmente competitivos, creativos y éticos.

2.1.2.2 Historia de Halliburton

La fascinante y orgullosa historia revela un enfoque continuo en la innovación y expansión que comenzó con el fundador de la compañía, Erle P. Halliburton, en 1919. Después de pedir prestado un carro, una carreta de mulas y una bomba, construyó una caja de mezcla de madera y comenzó el negocio de cementación de pozos en Duncan, Oklahoma.



Figura 3: Primera Camión para Cementar construido por Erle P Halliburton



En la década de 1930, Halliburton estableció sus primeros laboratorios de investigación donde la compañía probó mezclas de cemento, comenzó a ofrecer servicios de acidificación para romper la resistencia de las formaciones de piedra caliza y aumentar la producción de petróleo y gas. Realizó su primer trabajo de cementación en alta mar utilizando una unidad de cementación montada en una barcaza. en una plataforma en el campo criollo en el Golfo de México. Este fue el comienzo de lo que se convertiría en el servicio offshore más extenso del mundo.

Halliburton dio los pasos iniciales para convertirse en una compañía mundial en 1926. Vendimos cinco unidades de cementación a una compañía inglesa en Birmania; el inicio de nuestras operaciones en el hemisferio oriental Erle P. Halliburton envió a sus hermanos a abrir nuestro negocio en Alberta, Canadá. Abrimos en Venezuela en 1940. Para 1946, la compañía, con su tecnología innovadora, se había expandido a Colombia, Ecuador, Perú y Oriente Medio y comenzó a prestar servicios para la Compañía Petrolera Árabe-Americana, el precursor de Saudí Aramco.

En 1951, Halliburton hizo su primera aparición en Europa como Halliburton Italiana SpA, una subsidiaria de propiedad total en Italia. En los próximos siete años, Halliburton lanzó Halliburton Company Germany GmbH, estableció operaciones en Argentina y estableció una subsidiaria en Inglaterra. En 1984, Halliburton proporcionó todo el equipo de terminación de pozos para la primera plataforma de múltiples pozos en alta mar en China. Dos años después, Halliburton se convirtió en la primera compañía estadounidense en realizar un trabajo de servicio en campos petroleros en China continental.

La última década del siglo XX trajo más cambios y crecimiento a Halliburton. La compañía abrió una sucursal en Moscú en 1991. La compañía volvió a alinear su trabajo en las operaciones del Hemisferio Oriental y Occidental en 2006, y dividió sus ofertas de servicios en dos divisiones: la división de Finalización y Producción y la división de Perforación y Evaluación.

En la actualidad, Halliburton ofrece una amplia gama de productos, servicios y soluciones integradas para la exploración, el desarrollo y la producción de petróleo y gas.

2.1.2.3 Divisiones y Líneas de Servicio

Halliburton se compone por 14 líneas de servicio de productos (PSL). Los PSL operan en dos divisiones: "Drilling & Evaluation", y "Completion & Production". El PSL de Consultoría y Gestión de Proyectos funciona en ambas divisiones y es la punta de lanza de la estrategia de servicios



integrados. Sus resultados financieros están incluidos en la División de “Drilling & Evaluation”. Los PSL son principalmente responsables y responsables de la estrategia, el desarrollo tecnológico, el desarrollo de procesos, el desarrollo de personas y la asignación de capital.

Drilling and Evaluation Division	
Baroid	Sperry Drilling
Drill Bits & Services	Testing & Subsea
Landmark	Wireline & Perforating
Completion and Production Division	
Artificial Lift	Pipeline & Process Services
Cementing	Production Enhancement
Completion Tools	Production Solutions
Multi-Chem	
Supporting Both Divisions	
Consulting & Project Management	

Figura 4: Divisiones y Líneas de Servicio de Halliburton

La división de “Drilling & Evaluation” proporciona soluciones para el modelamiento de yacimientos en campos petroleros, perforación, evaluación y la ubicación precisa de pozos que nos permiten modelar, medir y optimizar sus actividades de construcción. La division se compone por Baroid, Drill Bits & Services, Landmark, Sperry Drilling, Testing & Subsea y Wireline & Perforating, y Consulting & Project Management.

Baroid, proporciona sistemas de fluidos de perforación, aditivos para incrementar el desempeño de estos, equipos de control de sólidos y servicios de gestión de residuos para operaciones de perforación, terminación y reacondicionamiento de petróleo y gas.



Figura 5: Algunos Hitos de BAROID - Halliburton

Al interior de Baroid, existe un pilar importante, llamado “Proceso de Racionalización” el cual enmarca los principios para gestionar de forma disciplinada el inventario de productos necesarios para cada operación de perforación o de completamiento de pozos en las diferentes cuencas dentro de los países o regiones con operación petrolera, también identifica las acciones necesarias para administrar la cartera de productos y describe la ejecución de estos procesos para respaldar los negocios de cada región. La ejecución exitosa de este proceso garantiza que el inventario tenga el tamaño correcto para optimizar la rotación del inventario y garantizar la continuidad del suministro a todos los clientes. Es, en esta línea de servicio de Halliburton (BAROID) dónde se enfocará esta tesis mediante el estudio del gerenciamiento de sus inventarios para identificar alternativas que nos permitan reducir el costo de capital.

2.2. CAPITULO II: Análisis de modelos de gestión de inventarios

2.2.1. Importancia de la gestión de los Inventarios

La gestión de inventarios tal como manifiesta Escudero (2011), es la tarea de establecer y mantener los límites o niveles, modelos de reaprovisionamiento, ubicaciones de los materiales, así como las actividades de gestión de sus manipulaciones, movimientos, entre otros. Por su parte, Mauleó (2008) indica que, es una de las funciones de producción más importantes, en virtud de que requiere una buena parte de capital; al mismo tiempo expone que, la gestión de inventarios tiene un



fuerte impacto en todas las áreas del negocio, particularmente en las de producción, mercadotecnia y finanzas.

Al respecto, García (2008) soporta la definición de gestión de inventario como el proceso en el cual se establecen las funciones y actividades, que los directores o gerentes deben llevar a cabo a fin de lograr los objetivos de la empresa respecto al manejo del inventario, permitiendo así determinar niveles óptimos a mantener, cuando reabastecer existencias, así como también determinar el volumen de los pedidos, para analizar la aplicación de métodos, técnicas, estrategias, entre otros, con la finalidad de hacer rentable la tenencia de estos bienes.

En el mismo orden de ideas, Muller (2005) define a la gestión de inventario como el conjunto de procesos y actividades destinadas al manejo de los recursos disponibles dentro de una empresa, permitiendo así el manejo apropiado de los mismos. Dichos procesos están compuestos por la planificación, compra, almacén y ventas, según lo refiere este autor. En tanto que, Muñoz (2009) considera la gestión del inventario como una de las funciones administrativas de producción más importantes, en virtud de que requiere una buena parte de capital y afecta la entrega de los bienes a los clientes; incluye dentro de estas funciones el control del inventario como punto neurálgico de esta gestión, ya que maneja los inventarios que se necesitan en el proceso operativo de cualquier empresa.

Ahora bien, para Ballou (2004), el principal objetivo del manejo de inventarios es asegurar que los materiales estén disponibles en el momento y en las cantidades deseadas, para ello la empresa debe contar con elementos de apoyo a la gestión, no solo a la de inventario sino a todas aquellas que se desarrollan en ella, los cuales dan soporte para la ejecución efectiva de todos los procesos involucrados a la gestión, entre los que menciona la infraestructura, talento humano, proveedor, capacitación del personal, innovación tecnológica y delegación de responsabilidades.

2.2.2 Modelos de Gestión de Inventarios

Partiendo de la clasificación efectuada de los modelos de situaciones de inventario podemos establecer una clasificación de los sistemas de gestión de inventarios pertinentes para cada uno de estos modelos. Al final, lo primordial reside en contestar las preguntas ¿cuándo pedir? y ¿cuánto pedir, teniendo siempre como objetivo el minimizar los costos?



Los modelos en que basar el aprovisionamiento se agrupan en dos categorías principales, según la demanda sean dependientes o independientes.

Seguidamente, veremos los sistemas según sea el modelo de la situación de inventario:

2.2.2.1 Modelos Deterministas

Son Modelos para Aprovisionamiento no Programado: En los que la demanda es de tipo independiente, generada como consecuencia de las decisiones de muchos actores ajenos a la cadena logística (clientes o consumidores).

También llamados Modelos Estáticos Deterministas en que la demanda es conocida y constante en el tiempo, con lo que se conoce perfectamente el momento para lanzar la orden de pedido pertinente, bastando, por tanto, con conocer el tiempo de espera. Normalmente este modelo de situación de inventario se utiliza en los inventarios de ciclo. Luego la única cuestión a dilucidar en los modelos determinantes es la relativa a la cantidad de pedido. En este caso, se utiliza el llamado: "Lote económico de pedido".

El lote económico de pedido, se puede también considerar en las siguientes situaciones que suelen producirse, a saber:

- **Cuando existe producción y consumo simultáneo.** Una vez lanzada la orden de pedido de un artículo puede ser necesario un periodo de tiempo para que la orden sea producida y durante este tiempo tienen lugar al mismo tiempo la producción y el consumo del artículo.
- **Cuando la demanda es insatisfecha.** En el caso de no satisfacerse la demanda, esta puede ser diferida o perdida.
- **Cuando haya descuentos por cantidad.** Es una práctica comercial habitual que los proveedores ofrezcan diversos tipos de descuento en función de la cantidad comprada, por lo que al decidir el lote de pedido se necesitara tener en cuenta dichos descuentos.

Además, se pueden considerar otras diferentes posibilidades de situación en los modelos estáticos deterministas de lote económico, que siempre tienen presente la revisión continua, y pueden ser sin o con ruptura y con o



sin entrega inmediata, así como sin ruptura y con descuento por cantidad o con descuentos de varios artículos y límite de almacenamiento.

2.2.2.2 Modelos no Estacionarios Deterministas

Son modelos para Aprovisionamiento Programado en los que la demanda es de tipo dependiente, generada por un programa de producción o ventas. También llamados MODELOS DINÁMICOS DETERMINISTAS y suelen utilizar revisiones periódicas de inventario. Responden a peticiones de reaprovisionamiento establecidas por MRP basadas en técnicas de optimización o simulación. Suelen ser utilizados normalmente cuando se trata de inventarios en tránsito. Dentro de esta categoría de modelos se encuentran los modelos de demanda dependiente conocidos con el nombre de planificación de las necesidades de materiales, siendo el más importante el denominado "MRP" (*Materials Requirement Planning*)

2.2.2.3 Modelos No Deterministas

En estos modelos, también llamados estocásticos será necesario responder al cuanto y cuando pedir para cada artículo mantenido en inventario. Normalmente son utilizados en inventarios de ciclo y en los que tienen stock de seguridad. Los no deterministas suponen una infinidad de periodos de decisión, repitiéndose indefinidamente el ciclo consistente en lanzar la orden de pedido y consumir dicha cantidad hasta el momento de lanzar una nueva orden de pedido.

Debemos clasificar los sistemas de gestión de inventario en dos grandes grupos según se trate de sistemas de revisión continua o periódica, a saber:

Son modelos de Aprovisionamiento Continuo, en los que se lanza una orden de pedido cuando los inventarios decrecen hasta una cierta magnitud o "punto de pedido". La cantidad a pedir es el "lote económico de compra".

Se trata de sistemas de información en los que el estado del inventario se actualiza inmediatamente después de cada transacción de entrada o salida del artículo. Para este caso, existen una gran variedad de sistemas de gestión de inventarios, aunque el más sencillo y fácil de implantar es el



sistema de “Lote optimo-punto de pedido”, que proporciona el lote de pedido que, por tanto, será siempre el mismo, y el nivel de inventario (punto de pedido) alcanzado, con lo que se emitirá la orden de pedido.

El lote de pedido es el tamaño o cantidad a reseñar en la orden de pedido. El punto de pedido es el nivel de inventario del artículo que al ser alcanzado desencadena el lanzamiento de una orden de pedido.

2.2.2.4 Sistemas de revisión periódica.

Son modelos de Aprovisionamiento Periódico, en los que se lanza una orden de pedido cada cierto tiempo previamente establecido. La cantidad a pedir será la que restablece un cierto nivel máximo de existencias nivel objetivo.

Los modelos en que basar el aprovisionamiento se agrupan en dos categorías principales, según la demanda sean dependientes o independientes.

El estado de las existencias del artículo es conocido cada cierto tiempo, llamado periodo de revisión. En estos modelos es necesario estimar la demanda durante el periodo de reaprovisionamiento, estimando la demanda media durante dicho plazo y una medida de las desviaciones previsibles en torno a este valor medio.

La demanda más significativa es la demanda durante el plazo de reaprovisionamiento, ya que es en este periodo de tiempo es el que existe riesgo de rotura de existencias. Es para prevenir esta situación para lo que se tiene existencias de seguridad. El sistema de gestión de existencias más representativo para este tipo de sistema de información es el sistema de revisión periódica-nivel de pedido.

2.2.2.5 Modelos Estacionarios No Deterministas

Se trata de los modelos con un solo periodo de decisión, a diferencia de los no deterministas mencionados, en este caso, existen situaciones en las que el artículo en cuestión solo va a ser consumido en un determinado periodo de tiempo y solo es posible, en la práctica, lanzar una orden de pedido que, en general, llegara a nuestro almacén justo en el momento en que el



artículo comienza a ser demandado. Es el caso de los artículos de temporada, de moda, promociones especiales, etc.

2.2.3 Políticas y Sistemas de Gestión de Inventarios

Una política de gestión de inventario sirve para definir cuándo se debe solicitar el material y cuanta cantidad de debe pedir del mismo. Para la primera cuestión se puede recurrir a fijar un nivel de referencia para el stock (punto de pedido, s), y lanzar una orden cada vez que la posición del stock sea inferior a este valor; otra alternativa consiste en fijar un período de revisión, T , y efectuar un pedido en instantes concretos. Por lo que respecta a la segunda pregunta, es posible solicitar siempre una cantidad fija predeterminada Q (medida del lote), o la diferencia entre un valor fijo (cobertura) y la posición del stock.

Para describir una política de gestión de stocks bastará pues con indicar, cuándo y cuánto se pide. Así tendremos:

- Una Política (s, Q) significará que se lanza una orden de tamaño fijo Q cada vez que la posición del stock sea inferior a s unidades.
- Política (T, S) con la cual se lleva a cabo un pedido cada T unidades de tiempo, de tamaño igual a la diferencia entre la cobertura S y el nivel de stock detectado.
- la Política (s, S), la cual implica la solicitud de un pedido de un tamaño suficiente para abastecer la cobertura S cada vez que la posición del stock sea inferior al punto de pedido s . la Política (T, Q), en la que se solicitaría un pedido fijo Q cada T unidades de tiempo.

Por tanto, se consideran los siguientes Sistemas de Gestión de Inventarios:

2.2.3.1 Sistema (S, Q): El sistema de gestión de inventarios (s, Q) es aquel que cuando el inventario del artículo alcanza el punto de pedido s , se lanza una orden de pedido de tamaño de lote Q .

2.2.3.2 Sistema (T, S): Es el sistema que consiste en revisar cada T periodos de tiempo (periodo de revisión) el nivel de inventario del artículo y



lanzar un pedido de un tamaño tal que eleve el inventario disponible hasta el nivel de inventario S.

2.2.3.3 Sistema (S, S): Es un sistema semejante al (S, Q) en el que el lote de pedido no es fijo, sino que su tamaño se determina de forma que el nivel de inventario disponible del artículo se eleve hasta el nivel de inventario S. Se utiliza en casos en que el tamaño de los pedidos de clientes es muy variable.

2.2.3.4. Sistema (T, S, S): Es análogo al sistema (T, S) con la diferencia de que el lanzamiento del pedido se efectuará si y solo si, el nivel de inventario del artículo en el momento de la revisión es menor o igual que el punto de pedido s. Seguidamente incluimos algunos gráficos de diversos modelos de situación de inventarios que ayudan a su comprensión, a saber:



Figura 6: Gráfica de un caso de Demanda Incierta

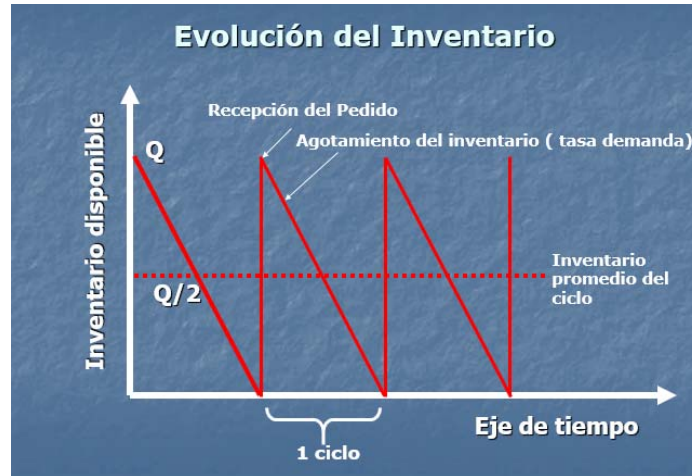


Figura 7: Gráfica de la Evolución del Inventario

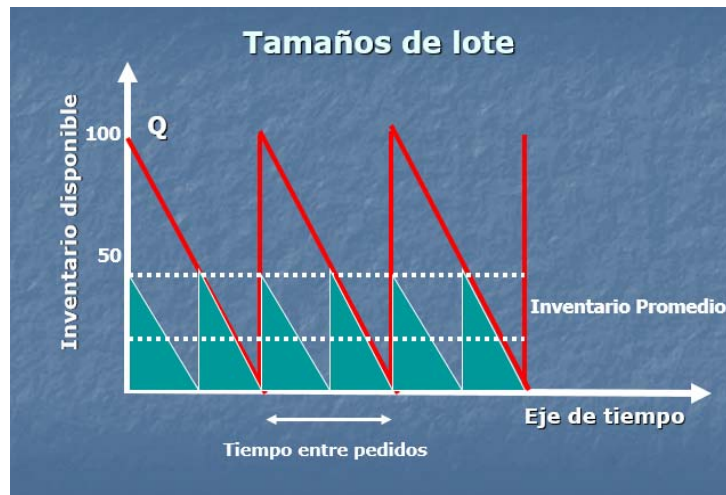


Figura 8: Gráfica del Tamaño del Lote

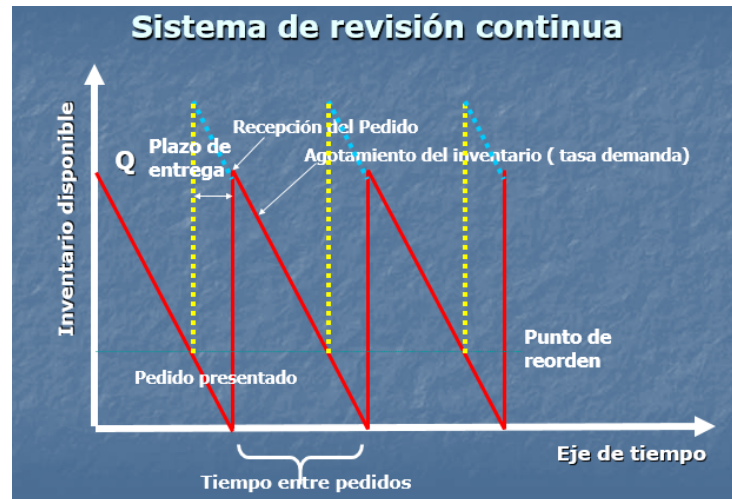


Figura 9: Gráfica del Sistema de revisión Continua

2.2.4 Métodos de Reaprovisionamiento

Un método de reaprovisionamiento consiste en aplicar sistemáticamente una política de gestión de stocks con el apoyo de un sistema de información o de revisión. Los métodos más usados son:

2.2.4.1 Método del Punto de Pedido con Revisión Continua (S, Q)

Se tendrá conocimiento del nivel del stock en todo momento. Cuando debido al consumo se llegue a un nivel mínimo (punto de pedido, s), se emitirá un pedido de medida fija Q (lote económico). El punto de pedido intenta equilibrar los costes opuestos de ruptura y posesión de stocks, mientras que el tamaño del lote económico se calcula para conseguir el equilibrio entre los costes de lanzamiento y los de posesión. Este es el método que siguen los modelos EOQ.

2.2.4.2 Método de Reaprovisionamiento Periódico con Cobertura (T, S)

Se realiza una revisión en instantes concretos, tras intervalos temporales de igual longitud (período de revisión, T). Después de la revisión se lanza una



orden de pedido, la cantidad de la cual es determinada a partir de la diferencia entre la cobertura S y el nivel de stock observado.

2.2.5 Método de Pedido Optimo o Modelo de Harris - Wilson

El modelo de Wilson tiene como objetivo determinar el volumen o la cantidad de pedido que se quiere realizar, de tal manera que optimice el sistema de gestión de inventarios. Cuando el nivel de las existencias baja hasta el punto de pedido, se gestiona un nuevo pedido. El tiempo que transcurre entre la emisión del pedido y la recepción física del material es el plazo de aprovisionamiento, es decir, el tiempo que tarda el proveedor en entregar el material (parámetro que es fijo y conocido). Mientras la empresa espera a que se le entregue el pedido, el nivel de existencias baja (sin llegar a ser más bajo que el stock de seguridad) hasta que lo recibe. El modelo de Wilson determina que el pedido óptimo es aquel que minimiza los costes de gestión de inventarios.

2.2.5.1 Hipótesis en las que se asienta el modelo:

- Todas las variables que intervienen en la gestión son conocidas.
- La demanda o necesidades de salida del almacén son conocidas y constantes a lo largo del periodo de tiempo estudiado.
- Los precios de adquisición o costes de fabricación son constantes (no existen descuentos).
- El coste de mantenimiento o almacenamiento depende del nivel medio de inventario (stock medio).

- Las entradas al almacén de las existencias se realizan por lotes o pedidos constantes. Además, el coste de realización del pedido es constante e independiente de su tamaño.
- No existen restricciones de espacio ni de presupuesto.

2.2.5.2 Variables de Modelo Harris - Wilson

- **Demanda anual de pedido (D):** Cantidad que necesita anualmente la empresa para consumir, producir o vender.



- **Tamaño del lote o pedido (Q):** Es el número de unidades de cada pedido solicitado a los proveedores.
- **Número de pedidos solicitados al año ($N = D / Q$):** Tiempo que tardan los proveedores en suministrar el pedido (t): Debe solicitarse t días antes del agotamiento del anterior.
- **Stock de seguridad (Ss):** Nivel de stock que se mantiene en almacén para hacer frente a imprevistos como demoras en suministros o demandas anormalmente altas.
- **Nivel medio anual de existencias en almacén (Nm):** Si en cada pedido se solicitan Q unidades, en términos medios anualmente tendremos $Nm = Q / 2$. En caso de mantener stock de seguridad el nivel medio será $Nm = Q / 2 + Ss$.
- **Cantidad de unidades en almacén (q)** en el momento de hacer el pedido a los proveedores. Es el punto de pedido y se determina teniendo en cuenta el plazo de entrega (t).
- **Costo de almacenamiento anual por unidad (g)**
- **Coste de realización de cada pedido (k):** Es independiente del número de unidades solicitadas.

2.2.5.3 Evolución temporal del stock

Teniendo en cuenta los supuestos y las variables, podemos representar cómo evoluciona el stock en el almacén de la empresa

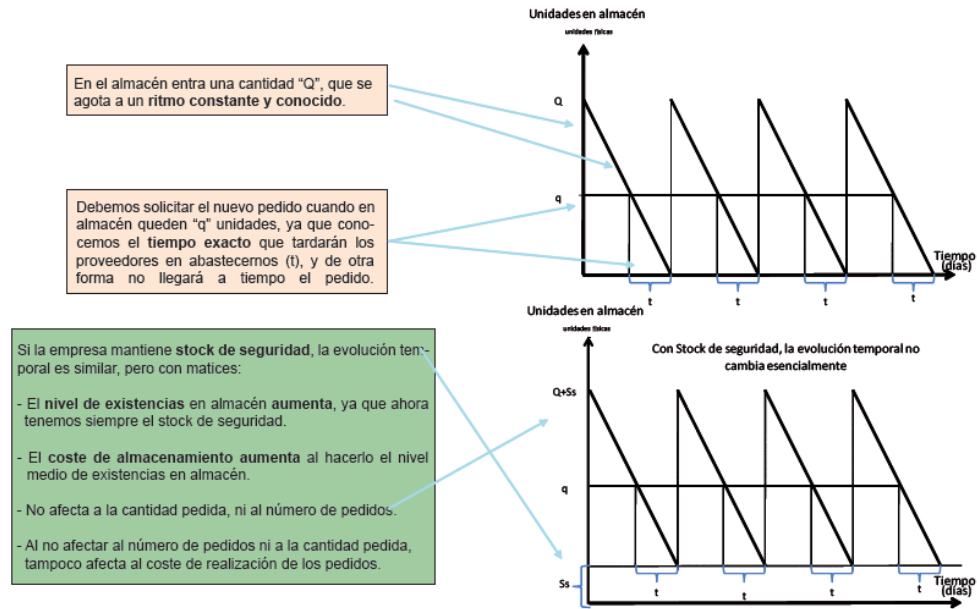


Figura 10: Evolución del stock

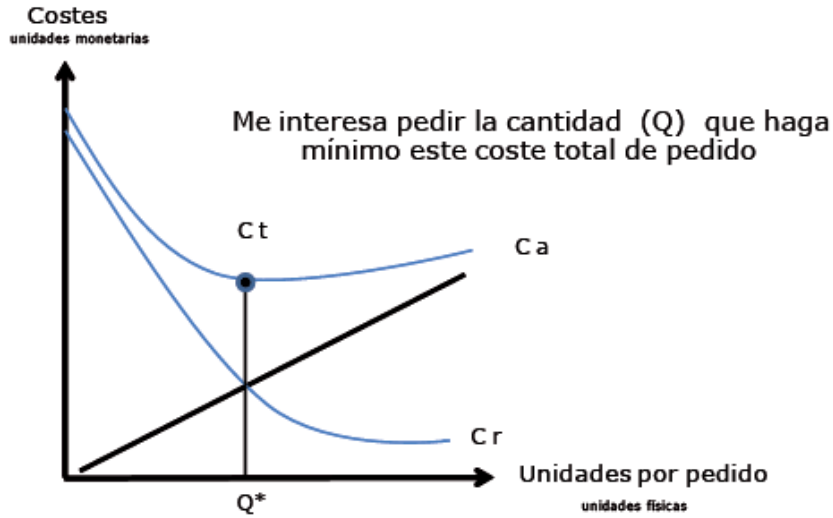
2.2.5.4 El costo total de inventario

La cantidad a solicitar será la que minimice el costo total del inventario, integrado por el costo de almacenamiento (proporcional al nivel medio de almacén), y el de realización de pedido (en función del número de pedidos).

Costo Almacenamiento $Ca = g * Nm \rightarrow Ca = g * Q/2$

Costo realización Pedido $Cr = k * n \rightarrow Cr = k * D/Q$

Costo total de Inventario $CT = g * Q/2 + k * D/Q$



Q, es el lote de pedido óptimo, solicitando esta cantidad (Q) por pedido, se minimiza el coste total del inventario.

Figura 11: Gráfica Volumen Optimo de Pedido

2.2.5.5 Volumen óptimo de pedido

Partiendo de la formula $CT = g * Q/2 + k * D/Q$

Derivando el Costo total respecto Q e igualando a 0, obtengo el mínimo de la curva

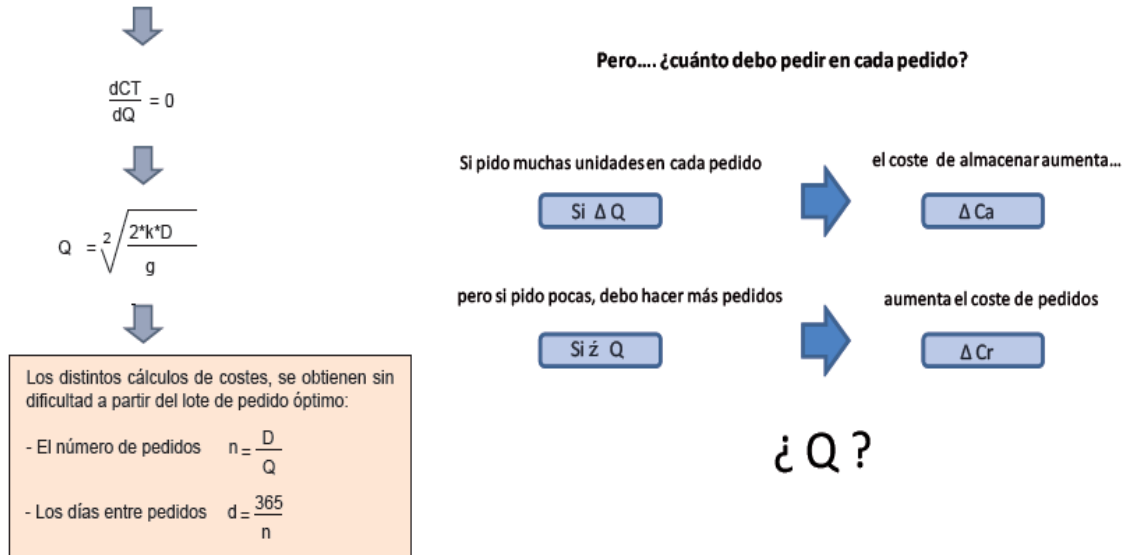


Figura 12: Como derivar Q – Volumen óptimo de pedido

De esta forma hallo el Q óptimo, que minimiza el coste total de pedido

2.2.5.6 Volumen óptimo de pedido con stock de seguridad

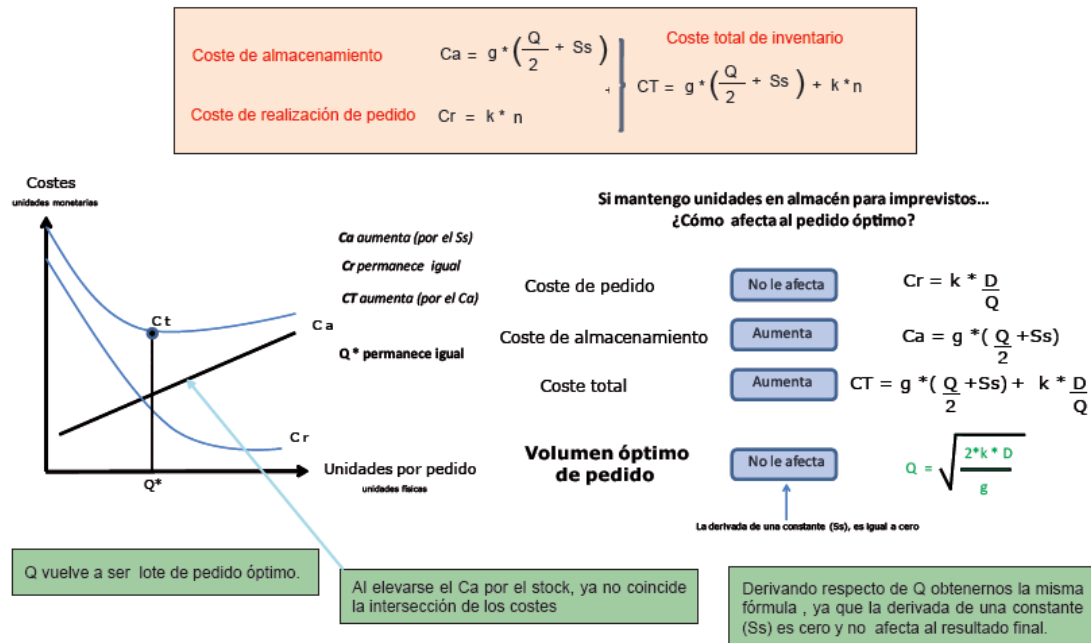


Figura 13: Volumen óptimo de pedido + Inv. Seguridad

El stock de seguridad no influye en el nivel óptimo del pedido



2.3. CAPITULO III: Aplicación del Modelo Harris – Wilson

2.3.1. Diseño de Tabla para calcular Inventario Óptimo

En la tabla anexa podemos ver el diseño de la tabla que usaremos para calcular el valor de inventario optimo a usar en el fluido de perforación de pozos a perforar en el área de Acacias y Castilla La Nueva, en el departamento del Meta, Colombia. Esta tabla, usara el formato básico que actualmente es usado para el cálculo de la cantidad de productos, con base en la concentración propuesta por la formulación de cada tipo de fluido y el volumen de cada sección del pozo según su diseño mecánico (Profundidad, diámetro, etc.):

TABLA PARA CALCULAR CANTIDADES DE PRODUCTOS Y COSTOS PARA EL FLUIDO DE PERFORACION											
Operator:						Initial Depth:					
Rig:						Final Depth:					
Well:						Dias de perforacion	0				
Location:						Total dias del pozo	0				
Depth:	Interval I			Interval II			Interval III				
Hole:	Pies			Pies			Pies				
casing:	Pulgadas			Pulgadas			Pulgadas				
Non-drilling Days	Dias			Dias			Dias				
Dias de perforacion:	Dias			Dias			Dias				
Dias Totales	0 Dias			0 Dias			0 Dias				
Fluidos de Perforacion:	Interval I			Interval II			Interval III				
Fluido de Perforacion	Spud Mud			Polimerico Semidisp			DRIL IN				
Tiempo de Fluido:	Base Agua			Base Agua			Base Agua				
Densidad:	ppg			ppg			ppg				
Volumen por intervalo:	Bbl			Bbl			Bbl				
Productos	Libras Unidad	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Ss	Unidades por pozo	Costo Unitario	Costo Total Pedido Mod. Harris Wilson
Costos											
Costo por pie:											
Costo por Bbl:											
	Costo de Material en Intervalo I			Costo de Material en Intervalo II			Costo de Material en Intervalo III				
	Contingencia										
	Total Cost, USD										

Figura 14: Tabla modelo para calcular Volumen de inventario por pozo

Esta tabla, la podemos separar en 5 secciones principales, que podemos describir así:

- Zona 1:** En esta sección se incluyen los datos de pozo, características geométricas, como la profundidad, los diámetros de la tubería y broca a ser usados, así como también los tiempos estimados de perforación y también podremos incluir una breve descripción de los fluidos de perforación a usar en cada intervalo.



- ✚ **Zona 2:** En esta sección se incluyen los productos a usar y las concentraciones propuestas en la formulación tipo, según el fluido perforación recomendado para cada intervalo a perforar. También se incluye información de las libras por unidad de cada producto, con base en su empaque tradicional. Aquí se calculan las cantidades por sección y totales del pozo, al multiplicar el volumen de cada intervalo por la concentración del producto que recomienda la formulación.
- ✚ **Zona 3:** En esta sección se obtienen los valores totales estimados de cada intervalo, luego de multiplicar los costos o precios unitarios por las unidades de los productos.
- ✚ **Zona 4:** En esta sección incluiremos el concepto de “Stock” de Seguridad según el modelo de Wilson – Harris, el cual calculado las desviaciones estándar de un histórico de consumo de productos reales en el área de estudio. Para nuestro caso, tomamos consumos reales de 12 pozos perforados en 2018.
- ✚ **Zona 5:** Esta sección, se calcula el Costo Total del inventario según el modelo de Wilson – Harris, para el cual usamos el mismo histórico de consumo de productos reales de 12 pozos que fueron perforados en el área de estudio en 2018.



2.3.2 Aplicación de Caso Real

2.3.2.1 Diseño Geométrico de un Pozo Tipo Acacias

En el anexo bajo podemos ver las características geométricas y de geo ubicación de un pozo tipo Acacias, de los perforados en el área de estudio, de donde usualmente se toman los datos, para incluir en la tabla y poder calcular volúmenes de fluidos y posteriormente las cantidades de productos, ver:

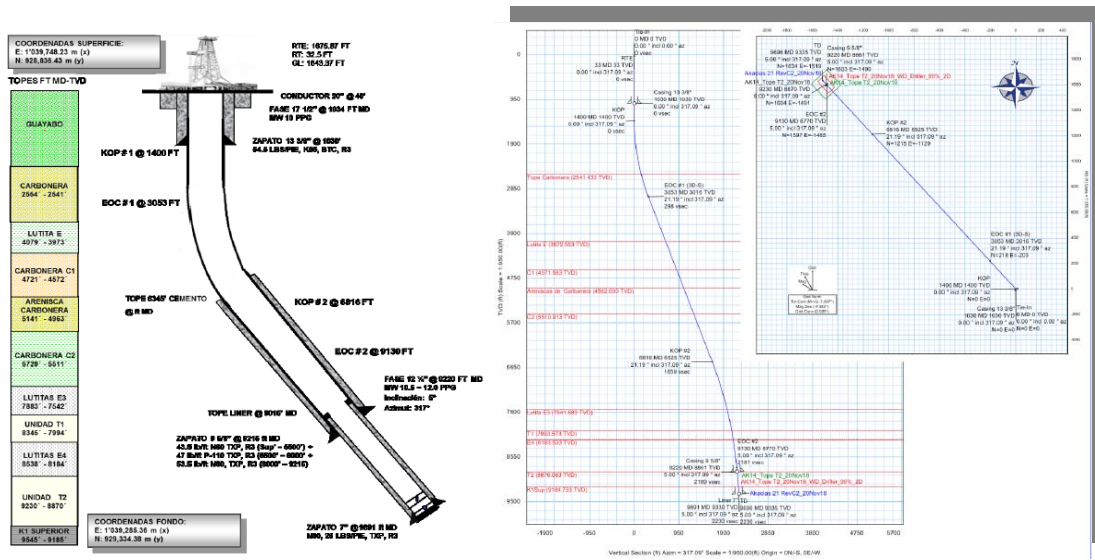


Figura 15: Diseño mecánico o geométrico de un pozo

Esta información es suministrada por el departamento de geología de la compañía operadora, dueña de los derechos de exploración de determinado bloque o yacimiento. En este caso la estatal colombiana, es quien posee estos derechos y quien suministra la información, solo con un par de semanas de antecedencia al inicio de la perforación del pozo, dado el alto grado de confidencialidad que se maneja en estos casos.



2.3.2.2 Calculo de Inventario de productos usando el método tradicional

TABLA PARA CALCULAR CANTIDADES DE PRODUCTOS Y COSTOS PARA EL FLUIDO DE PERFORACION											
Operator:	NOC		Initial Depth:	0							
Rig:	No 1		Final Depth:	9696							
Well:	Tipo Akacias		Dias de perforacion	15							
Location:	Acacias		Total dias del pozo	30							
	Interval I		Interval II		Interval III						
Depth:	1030 Pies		8191 Pies		475 Pies						
Hole:	17 1/2 Pulgadas		12 1/4 Pulgadas		8 1/2 Pulgadas						
Casing:	13 3/8 Pulgadas		9 5/8 Pulgadas		7 Pulgadas						
Non-drilling Days	3 Dias		6 Dias		6 Dias						
Dias de perforacion:	2 Dias		9 Dias		4 Dias						
Dias Totales	5 Dias		15 Dias		10 Dias						
Fluidos de Perforacion	Interval I		Interval II		Interval III						
Fluido de Perforacion	Spud Mud		Polimerico Semidiserso		DRIL IN						
Tiopo de Fluido:	Base Agua		Base Agua		Base Agua						
Densidad:	11 ppg		12 ppg		9 ppg						
Volumen por intervalo.:	1141 Bbl		3745 Bbl		1546 Bbl						
	Interval I		Interval II		Interval III						
Productos	Libras Unidad	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Contingencia	Unidades por pozo	Costo Unitario	Costo Total Pedido Mod. Harris - Wilson
ADELGAZANTE POLIMERICO PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	51.74	-	-	-	-	-	-	9	9	\$ 50.11	\$ 4,494.30
ANTESPLUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW -5 Gal CN	36.72	-	-	-	-	-	-	5	5	\$ 39.69	\$ 3,512.6
ASFALTO SULFONATADO -50 lbm BG	50	-	449	6.0	-	-	-	449	449	\$ 16.33	\$ 3,795.9
ASFALTO -50 lbm BG	50	-	375	5.0	-	-	-	375	375	\$ 53.8	\$ 2,990.5
INHIBIDOR DE CORROSION -55 Gal CN	458.98	-	-	-	-	-	-	0	0	\$ 611.89	\$ 2,153.5
GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) -50 lbm BG	50	-	375	5.0	-	-	-	375	375	\$ 15.36	\$ 3,485.9
LIGNITO MODIFICADO -50 lbm BG	50	-	277	3.7	-	-	-	277	277	\$ 13.11	\$ 3,127.9
LUBRICANTE MECANICO TIPO MICROESFERAS DE COPOLIMERO	50	-	-	-	-	-	-	7	7	\$ 110.65	\$ 1,349.5
LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL -55 Gal DF	408.49	-	32	3.5	3	0.9	-	35	35	\$ 361.9	\$ 4,004.3
MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO -25 lbm BG	25	-	300	2.0	124	2.0	-	423	423	\$ 6.51	\$ 2,616.9
SODA CAUSTICA -55 lbm BG	55	-	34	0.5	14	0.5	-	48	48	\$ 27.8	\$ 4,747.39
MEJORADOR DE ROP - 55 GAL DRUM	358	-	73	7.0	-	-	-	73	73	\$ 372.72	\$ 4,311.17
Interes Anual	10%										
Transporte de Base	322.58										
											\$ 101,763.31
Costos											
Costo por pie:	\$ 20.38	\$ 26.31	\$ 42.58								
Costo por Bbl:	\$ 18.40	\$ 57.53	\$ 13.08								
Costo de Material en Intervalo I											\$ 20,994.65
Costo de Material en Intervalo II:											\$ 215,465.47
Costo de Material en Intervalo III:											\$ 20,225.82
Contingencia											\$ 2,282.93
Costo Total, USD											\$ 258,968.87

Figure 16: Tabla tradicional para calcular volumen de inventario por pozo

Como datos resultantes de esta tabla podemos ver las cantidades de cada uno de los productos (30 ítems para pozos de este tipo) que estimamos serán usados para la fabricación del fluido de perforación, el costo por intervalo y costo total de los productos (base para cálculo del valor del servicio que ofrece Halliburton), ver:



○ Volumen de Fluido Intervalo I	=	1141 Bbl
○ Volumen de Fluido Intervalo II	=	3745 Bbl
○ Volumen de Fluido Intervalo III	=	1546 Bbl.
○ Costo del Fluido de Perforación	=	USD 258,968.87
○ Material densificante	=	8,622 sacos de 100 libras
○ Carbonato de Calcio M600	=	1,099 sacos de 110 libras
○ Asfalto Sulfonatado	=	449 sacos de 50 libras

En estos casos, las posibles contingencias, se plantean de acuerdo al criterio personal del profesional encargado de la planeación logística y técnica del servicio, el cual puede variar en exactitud dada su experiencia particular en un área u otra. En estos casos, tampoco se utiliza un criterio que permita ajustar las cantidades de productos a movilizar hacia el lugar de la perforación del pozo, que optimice el costo de transporte y de su almacenamiento. Sin embargo y para efectos de comparativos, se incluyó en la **Zona 5**, el cálculo del Costo Total del inventario según el modelo de Wilson – Harris, usando las cantidades resultantes de esta tabla, obteniendo un valor de **USD 101,175.31**, el cual contrastaremos con nuestra tabla propuestas para optimizar dicho costo.



2.3.2.3. Cálculo de Inventario de productos usando la tabla para calcular Inventario Óptimo

Para poder aplicar el modelo de Wilson - Harris, fue necesario tabular la demanda histórica anual de uno de los taladros de perforación en el área de estudio, la cual nos permitiría establecer las variables necesarias para la aplicación del modelo de Harris Wilson y el cálculo del Stock de Seguridad, ver tabla abajo:

DEMANDA ANUAL 2018 - TALADRO ZZZ															
Item	Libras / Unidad	Productos												Total Unidades al año	
			Akacias 21	Chichime 203	Castilla N 363	Castilla N 193	Akacias 28	Chichime 202	Akacias 30	Akacias 33	Akacias 32	Castilla N 204	Castilla N 355		Castilla N 357
1	51.74	ADELGAZANTE POLIMERICO PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	0	16	0	10	20	0	31	16	9	9	4	15	130
2	36.72	ANTIESPUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW - 5 Gal CN	0	2	3	16	0	11	4	10	0	0	3	10	59
3	50	ASFALTO SULFONATADO - 50 lbm BG	440	600	276	440	390	516	427	480	331	352	240	284	4,776
4	50	ASFALTO - 50 lbm BG	140	405	150	100	240	275	0	285	130	200	150	226	2,301
5	55.12	VISCOFICANTE - 25 KG BAG	176	137	168	88	115	252	142	195	141	99	153	140	1,806
6	100	MATERIAL DENSIFICANTE - 100 LB BAG	11,299	10,947	6,391	6,017	7,572	10,488	6,594	9,324	5,044	4,726	6,033	5,754	90,189
7	100	BENTONITA TIPO WYOMING - 100 lbm BG	88	49	56	90	35	14	28	50	3	22	163	58	656
8	110	BICARBONATO DE SODIO - 110 lbm BG	5	10	10	11	2	11	5	11	0	2	4	2	73
9	55	CALHIDRATADA - 55 lbm BG	98	95	51	95	81	84	72	75	52	119	33	59	914
10	110	CARBONATO DE CALCIO M 10 - 40 - 110 lbm BG	270	145	56	44	44	165	0	80	38	100	90	183	1,215
11	110	CARBONATO DE CALCIO M 200 - 110 lbm BG	880	577	470	330	73	698	280	330	417	160	240	664	5,119
12	110	CARBONATO DE CALCIO M 325 - 110 lbm BG	329	600	435	285	565	680	480	280	320	360	215	320	4,869
13	110	CARBONATO DE CALCIO M 40 - 100 - 110 lbm BG	610	444	113	245	47	401	135	80	143	200	57	141	2,616
14	110	CARBONATO DE CALCIO M 600 - 110 lbm BG	329	760	290	40	219	1,280	1,160	830	386	880	225	880	7,279
15	25	CASCARA DE ARROZ	120	0	30	0	0	62	0	0	0	0	0	0	212
16	50	CASCARA DE COCO - 50 lbm BG	65	50	0	0	19	34	90	70	50	30	30	0	438
17	50	CELULOSA POLIANIONICA DE BAJA VISCOSIDAD - 50 lbm BG	130	145	95	215	107	250	130	150	104	113	127	121	1,687
18	477.33	ENCAPSULANTE POLIMERICO - 55 GAL DRUM	1	2	4	4	4	3	1	1	5	2	3	1	31
19	491.1	INHIBIDOR DE ARCILLAS - 55 GAL DRUM	45	33	28	45	46	40	42	51	35	37	19	30	451
20	2	EXTENDEDOR DE BENTONITA - 2 lbm BG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	50	CONTROLADOR DE FILTRADO - 50 lbm BG	300	165	200	200	0	535	250	250	210	300	161	250	2,821
22	44.23	GLUTARALDEHIDO - 5 Gal CN	36	26	26	26	28	32	33	32	41	28	10	55	373
23	458.98	INHIBIDOR DE CORROSION - 55 Gal CN	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
24	50	GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) - 50 lbm BG	650	450	170	280	260	428	250	350	240	250	122	250	3,700
25	50	LIGNITO MODIFICADO - 50 lbm BG	325	241	145	182	255	182	271	309	236	154	88	136	2,524
26	50	LUBRICANTE MECANICO TIPO MICROESFERAS DE COPOLIMERO	0	23	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	27
27	408.49	LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL - 55 Gal DRUM	36	55	41	32	30	37	22	26	22	3	38	28	370
28	25	MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO - 25 lbm BG	685	380	240	230	96	414	140	180	69	300	216	300	3,250
29	55	SODA CAUSTICA - 55 lbm BG	81	38	63	90	81	38	74	83	77	35	38	0	698
30	358	MEJORADOR DE ROP - 55 GAL DRUM	72	68	34	54	76	84	50	80	50	32	38	32	670

Figura 17: Tabla de consumos o demanda histórica

En la tabla a continuación podemos ver los resultados del Volumen óptimo de pedido, para cada producto:



$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot k \cdot D}{g}}$$

Demanda anual (D): Usamos el total de productos consumidos (en libras) durante el 2018, con el taladro de perforación ZZZ.

Costo de almacenamiento anual por unidad (g = I x C): Usamos el costo por libra de los productos, multiplicado por la tasa de interés anual típica en Colombia (10%).

Costo de realización de cada pedido (k): Para esta constante usamos el valor de USD 322.28 que es el costo de un camión (27 ton) para enviar los productos desde nuestra base de operaciones en Villavicencio hacia la locación del pozo en el área de Acacias o Castilla La Nueva.



Cantidad Optima Q - Wilson Harris

Item	Libras / Unidad	Productos	Total Unidades al año		D	S	C	I	Q*	Q*
			Libras al año	USD						
1	51.74	ADELGAZANTE POLIMERIC PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	130	6,726	322.58	0.97	10.00%	129	6,694	
2	36.72	ANTIESPUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW - 5 Gal CN	59	2,166	322.58	1.08	10.00%	98	3,596	
3	50	ASFALTO SULFONATADO - 50 lbm BG	4,776	238,800	322.58	0.33	10.00%	1,374	68,682	
4	50	ASFALTO - 50 lbm BG	2,301	115,050	322.58	1.08	10.00%	525	26,245	
5	55.12	VISCOSIFICANTE - 25 KG BAG	1,806	99,547	322.58	0.61	10.00%	589	32,488	
6	100	MATERIAL DENSIFICANTE - 100 LB BAG	90,189	9,018,900	322.58	0.12	10.00%	7,019	701,917	
7	100	BENTONITA TIPO WYOMING - 100 lbm BG	656	65,600	322.58	0.22	10.00%	443	44,340	
8	110	BICARBONATO DE SODIO - 110 lbm BG	73	8,030	322.58	0.15	10.00%	168	18,523	
9	55	CAL HIDRATADA - 55 lbm BG	914	50,270	322.58	0.06	10.00%	1,315	72,326	
10	110	CARBONATO DE CALCIO M 10 - 40 - 110 lbm BG	1,215	133,650	322.58	0.04	10.00%	1,304	143,438	
11	110	CARBONATO DE CALCIO M 200 - 110 lbm BG	5,119	563,090	322.58	0.05	10.00%	2,547	280,195	
12	110	CARBONATO DE CALCIO M 325 - 110 lbm BG	4,869	535,590	322.58	0.05	10.00%	2,482	272,999	
13	110	CARBONATO DE CALCIO M 40 - 100 - 110 lbm BG	2,616	287,760	322.58	0.05	10.00%	1,819	200,106	
14	110	CARBONATO DE CALCIO M 600 - 110 lbm BG	7,279	800,690	322.58	0.05	10.00%	2,982	328,054	
15	25	CASCARA DE ARROZ	212	5,300	322.58	0.14	10.00%	622	15,562	
16	50	CASCARA DE COCO - 50 lbm BG	438	21,900	322.58	0.26	10.00%	467	23,338	
17	50	CELULOSA POLIANIONICA DE BAJA VISCOSIDAD - 50 lbm BG	1,687	84,350	322.58	0.60	10.00%	600	29,997	
18	477.33	ENCAPSULANTE POLIMERIC - 55 GAL DRUM	31	14,979	322.58	4.59	10.00%	10	4,588	
19	491.1	INHIBIDOR DE ARCILLAS - 55 GAL DRUM	451	221,486	322.58	0.92	10.00%	80	39,350	
20	2	EXTENDEDOR DE BENTONITA - 2 lbm BG	0	0	322.58	4.56	10.00%	-	-	
21	50	CONTROLADOR DE FILTRADO - 50 lbm BG	2,821	141,050	322.58	0.59	10.00%	783	39,160	
22	44.23	GLUTARALDEHIDO - 5 Gal CN	373	16,498	322.58	0.84	10.00%	255	11,283	
23	458.98	INHIBIDOR DE CORROSION - 55 Gal CN	3	1,377	322.58	1.33	10.00%	6	2,582	
24	50	GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) - 50 lbm BG	3,700	185,000	322.58	0.32	10.00%	1,223	61,149	
25	50	LIGNITO MODIFICADO - 50 lbm BG	2,524	126,200	322.58	0.27	10.00%	1,090	54,492	
26	50	LUBRICANTE MECANICO TIPO MICROESFERAS DE COPOLIMERO	27	1,350	322.58	2.22	10.00%	40	1,981	
27	408.49	LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL - 55 Gal DRUM	370	151,141	322.58	0.89	10.00%	81	33,176	
28	25	MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO - 25 lbm BG	3,250	81,250	322.58	0.26	10.00%	1,784	44,594	
29	55	SODA CAUSTICA - 55 lbm BG	698	38,390	322.58	0.51	10.00%	402	22,132	
30	358	MEJORADOR DE ROP - 55 GAL DRUM	670	239,860	322.58	1.04	10.00%	108	38,553	

Figura 18: Tabla para calcular volumen óptimo de pedido – Modelo Wilson Harris

A continuación, podemos ver las gráficas resultantes de la aplicación del concepto de Volumen Optimo de pedido según Modelo de Harris - Wilson



para 5 de los productos más críticos en la fabricación del fluido de perforación:

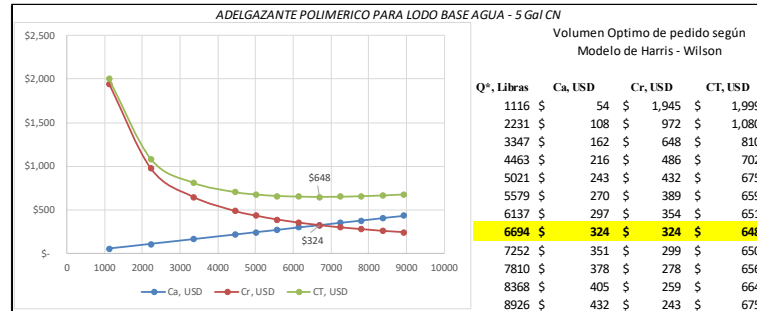


Figura 19: Grafica Volumen Optimo producto 1

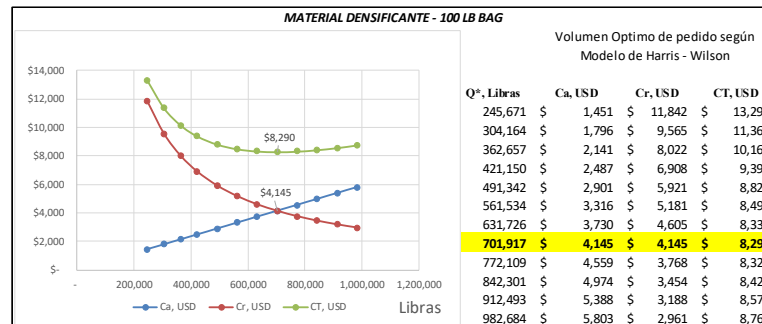


Figura 20: Grafica Volumen Optimo producto 2

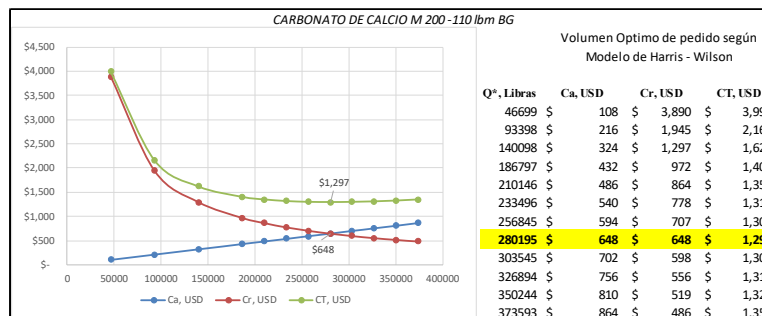


Figura 21: Grafica Volumen Optimo producto 3

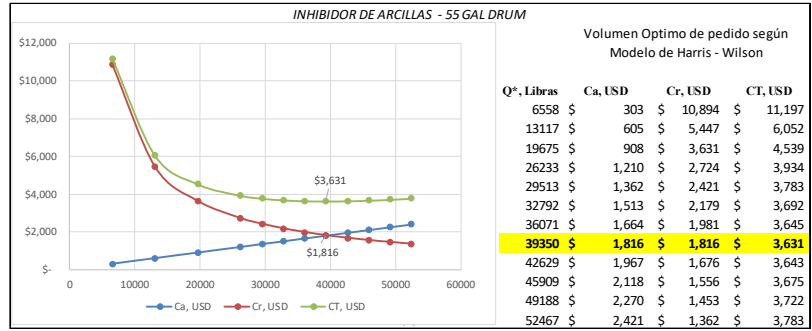


Figura 22: Grafica Volumen Optimo producto 4

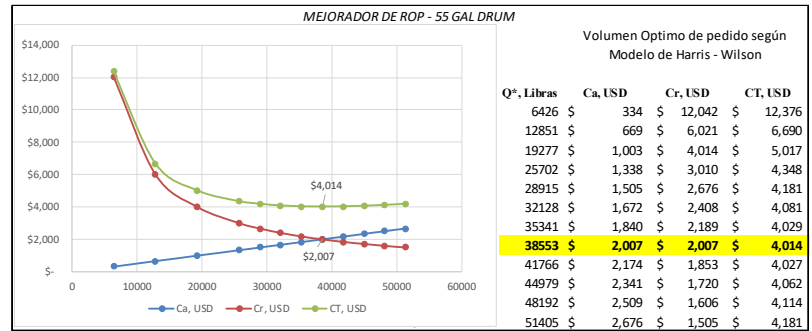


Figura 23: Grafica Volumen Optimo producto 5



Para el cálculo del Stock de Seguridad, para cada uno de los productos usamos nuevamente el consumo o demanda anual, al cual aplicamos la función de estadística descriptiva para encontrar las desviaciones estándar para cada producto.

El incremento del stock de seguridad por la variabilidad de la demanda puede llevar a sobreestimar el valor del stock de seguridad. Una forma aproximada y más precisa de tomar en cuenta la variabilidad en los "Lead time" del abastecimiento es tomar el mayor "Lead Time" del período asumiendo que tiene una desviación estándar de cero. Para este caso:

$$s'd = sd\sqrt{LT}$$

El valor máximo del "Lead Time" para nuestro caso, es de 4 meses, que se observa en productos tales como el Encapsulador de Arcilla y el Mejorador de ROP.

La **Tabla abajo** muestra los stocks de seguridad para cada referencia

Item	Libras / Unidad	Productos	Stock de Seguridad							
			Desv. Estandar		Lead Time, mes	Desv Demanda en		Z	SS Libras	SS Unidades
			Libras	Unidades		LT Libras	LT Unidades			
1	51.74	ADELGAZANTE POLIMERICO PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	485	9	0.50	343	4.00	1,373	27	
2	36.72	ANTIESPUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW -5 Gal CN	200	5	2.00	282	4.00	1,129	31	
3	50	ASFALTO SULFONATADO -50 lbm BG	5,337	107	0.50	3,774	4.00	15,096	302	
4	50	ASFALTO -50 lbm BG	5,219	104	2.00	7,380	4.00	29,522	590	
5	55.12	VISCOSIFICANTE - 25 KG BAG	2,438	44	4.00	4,876	4.00	19,504	354	
6	100	MATERIAL DENSIFICANTE - 100 LB BAG	236,930	2,369	0.25	118,465	4.00	473,859	4,739	
7	100	BENTONITA TIPO WYOMING-100 lbm BG	4,333	43	0.50	3,064	4.00	12,255	123	
8	110	BICARBONATO DE SODIO -110 lbm BG	465	4	0.50	329	4.00	1,316	12	
9	55	CAL HIDRATADA -55 lbm BG	1,337	24	0.50	945	4.00	3,781	69	
10	110	CARBONATO DE CALCIO M 10 -40 -110 lbm BG	8,428	77	0.50	5,959	4.00	23,838	217	
11	110	CARBONATO DE CALCIO M 200 -110 lbm BG	26,351	240	0.50	18,633	4.00	74,533	678	
12	110	CARBONATO DE CALCIO M 325 -110 lbm BG	16,049	146	0.50	11,348	4.00	45,392	413	
13	110	CARBONATO DE CALCIO M 40 - 100 -110 lbm BG	19,423	177	0.50	13,734	4.00	54,936	499	
14	110	CARBONATO DE CALCIO M 600 - 110 lbm BG	44,811	407	0.50	31,686	4.00	126,746	1,152	
15	25	CASCARA DE ARROZ	935	37	0.25	468	4.00	1,871	75	
16	50	CASCARA DE COCO -50 lbm BG	1,474	29	0.25	737	4.00	2,947	59	
17	50	CELULOSA POLIANIONICA DE BAJA VISCOSIDAD -50 lbm BG	2,322	46	0.50	1,642	4.00	6,566	131	
18	477.33	ENCAPSULANTE POLIMERICO - 55 GAL DRUM	680	1	4.00	1,360	4.00	5,439	11	
19	491.1	INHIBIDOR DE ARCILLAS - 55 GAL DRUM	4,464	9	4.00	8,928	4.00	35,713	73	
20	2	EXTENDEDOR DE BENTONITA - 2 lbm BG	-	-	3.00	-	4.00	-	-	
21	50	CONTROLADOR DE FILTRADO -50 lbm BG	6,175	124	3.00	10,696	4.00	42,785	856	
22	44.23	GLUTARALDEHIDO -5 Gal CN	470	11	0.50	332	4.00	1,329	30	
23	458.98	INHIBIDOR DE CORROSION -55 Gal CN	208	0	0.50	147	4.00	587	1	
24	50	GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) -50 lbm BG	7,147	143	0.50	5,054	4.00	20,214	404	
25	50	LIGNITO MODIFICADO -50 lbm BG	3,683	74	3.00	6,380	4.00	25,519	510	
26	50	LUBRICANTE MECANICO TIPO MICROESFERAS DE COPOLIMERO	332	7	2.00	469	4.00	1,877	38	
27	408.49	LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL -55 Gal DRUM	5,178	13	3.00	8,969	4.00	35,876	88	
28	25	MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO -25 lbm BG	4,183	167	0.50	2,958	4.00	11,831	473	
29	55	SODA CAUSTICA -55 lbm BG	1,524	28	0.50	1,077	4.00	4,309	78	
30	358	MEJORADOR DE ROP -55 GAL DRUM	6,992	20	4.00	13,984	4.00	55,934	156	

Figura 24: Tabla con cálculo de Stock de Seguridad para cada producto



Con toda la información calculada en relación a Stock de Seguridad, procedemos con la inclusión de esta información en la *Tabla para calcular Inventario Optimo*, ver:

TABLA PARA CALCULAR CANTIDADES DE PRODUCTOS Y COSTOS PARA EL FLUIDO DE PERFORACION											
Operator:	NOC		Initial Depth:	0							
Rig:	No 1		Final Depth:	9696							
Well:	Tipo Akacias		Dias de perforacion	15							
Location:	Acacias		Total dias del pozo	30							
			Interval I	Interval II	Interval III						
Depth:			1030 Pies	8191 Pies	475 Pies						
Hole:			17 1/2 Pulgadas	12 1/4 Pulgadas	8 1/2 Pulgadas						
Casing:			13 3/8 Pulgadas	9 5/8 Pulgadas	7 Pulgadas						
Non-drilling Days			3 Dias	6 Dias	6 Dias						
Dias de perforacion:			2 Dias	9 Dias	4 Dias						
Dias Totales			5 Dias	15 Dias	10 Dias						
Fluidos de Perforacion			Interval I	Interval II	Interval III						
Tiopo de Perforacion			Spud Mud	Polimerico Semidisperso	DRIL IN						
Tiopo de Fluido:			Base Agua	Base Agua	Base Agua						
Densidad:			11 ppg	12 ppg	9 ppg						
Volumen por intervalo.:			1141 Bbl	3745 Bbl	1546 Bbl						
			Interval I	Interval II	Interval III						
Productos	Libras Unidad	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Cantidad	Conc.	Stock Seguridad	Unidades por pozo	Costo Unitario	Costo Total Pedido Mod. Harris Wilson
ADELGAZANTE POLIMERICO PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	51.74	-	-	-	-	-	-	27	27	\$ 50.10	1,647.2
ANTIESPUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW -5 Gal CN	36.72	-	-	-	-	-	-	31	31	\$ 39.69	680.06
ASFALTO SULFONATADO -50 lbm BG	50	-	-	449	6.0	-	-	302	751	\$ 16.33	2,664.05
ASFALTO -50 lbm BG	50	-	-	375	5.0	-	-	590	965	\$ 53.88	3,368.76
VISCOSIFICANTE - 25 KG BAG	55.12	-	-	102	1.5	70	2.50	354	526	\$ 33.54	1,989.72
MATERIAL DENSIFICANTE - 100 LB BAG	100	1,506	132.0	7,116	190.0	-	-	4,739	13,360	\$ 11.81	10,066.81
BENTONITA TIPO WYOMING -100 lbm BG	100	137	12.0	-	-	-	-	123	259	\$ 21.5	1,094.84
CARBONATO DE CALCIO M 200 -110 lbm BG	110	-	-	511	15.0	70	5.0	678	1,259	\$ 5.0	1,632.38
CARBONATO DE CALCIO M 600 - 110 lbm BG	110	-	-	1,021	30.0	70	5.0	1,152	2,244	\$ 5.2	1,638.82
CELULOSA POLIANIONICA DE BAJA VISCOSIDAD -50 lbm BG	50	-	-	150	2.0	43	1.4	131	324	\$ 30.2	2,167.97
ENCAPSULANTE POLIMERICO - 55 GAL DRUM	477.33	-	-	3	0.4	-	-	11	15	\$2,191.21	2,288.72
INHIBIDOR DE ARCILLAS - 55 GAL DRUM	491.1	-	-	53	7.0	5	1.60	73	131	\$ 453.20	4,080.97
GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) -50 lbm BG	50	-	-	375	5.0	-	-	404	779	\$ 15.96	2,154.05
LIGNITO MODIFICADO -50 lbm BG	50	-	-	277	3.7	-	-	510	788	\$ 13.71	1,573.72
LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL -55 Gal DF	408.49	-	-	32	3.5	3	0.9	88	123	\$ 361.89	3,199.26
MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO -25 lbm BG	25	-	-	300	2.0	124	2.0	473	897	\$ 6.59	1,464.87
SODA CAUSTICA -55 lbm BG	55	-	-	34	0.5	14	0.5	78	126	\$ 27.81	1,956.1
MEJORADOR DE ROP - 55 GAL DRUM	358	-	-	73	7.0	-	-	156	229	\$ 372.72	5,217.22
Interes Anual	10%										
Transporte de Base	322.58										
											\$ 66,233.03
Costos											\$ 794,796.31
Costo por pie:		\$ 20.38	\$ 26.21	\$ 42.43							*Costo Total para 12 pozos en un año
Costo por Bbl:		\$ 18.40	\$ 57.32	\$ 13.04							
											-35%
											\$ 20,994.65
											\$ 214,680.72
											\$ 20,156.36
											\$ 2,282.93
											\$ 258,114.66

Figura 25: Tabla Modelo con cálculo de Stock de Seguridad y volumen óptimo de pedido



Así como en la tabla tradicional, en esta encontraremos los datos resultantes para las cantidades de cada uno de los productos que estimamos serán usados para la fabricación del fluido de perforación, pero con la diferencia que aparecerán los productos o materiales que usualmente son usados para afrontar las contingencias típicas del área de perforación y una cantidad adicional para mantener un stock de seguridad (**Zona 4**), dada la variabilidad de los “Lead Times” de cada producto. Por lo tanto, los datos dependientes de las características geométricas del pozo, permanecerán constantes, ver:

⚡ Volumen de Fluido Intervalo I	=	1141 Bbl
⚡ Volumen de Fluido Intervalo II	=	3745 Bbl
⚡ Volumen de Fluido Intervalo III	=	1546 Bbl.
⚡ Costo del Fluido de Perforación	=	USD 258,968.87

Sin embargo, los materiales que deberán ser movilizados al pozo cambiarán, pues ahora incluyen el “Stock de Contingencia (Ss)”

○ Material densificante	=	13,360 sacos de 100 libras
○ Carbonato de Calcio M600	=	2,244 sacos de 110 libras
○ Asfalto Sulfonatado	=	751 sacos de 50 libras

Como pueden, notar la tabla plantea que el costo total del fluido permanece inalterado, pues nos deja de ser una estimación del costo del fluido de perforación con base a las características geométricas. En este caso, la importancia del ejercicio, recae sobre cuanto se puede reducir el costo total del inventario (costo de capital), al optimizar los volúmenes de inventario (Q) de cada producto.

En la **Zona 5**, el cálculo del Costo Total del inventario según el modelo de Wilson – Harris, usando las cantidades resultantes de esta tabla, obteniendo un valor de **USD 66,233.03**, el cual, al contrastarlo con el valor de la tabla tradicional, representa una reducción del **35%**.

Con la información hasta ahora obtenida, podemos también calcular el Costo total del Inventario, integrado por el costo de almacenamiento, y el de realización de pedido (en función del número de pedidos).

Costo Almacenamiento $Ca = g * Nm \rightarrow Ca = g * Q/2$



Costo realización Pedido $Cr = k * n \rightarrow Cr = k * D/Q$

Costo total de Inventario $CT = g * Q/2 + k * D/Q$

Libras / Unidad	Productos	Q	Q	Ca	Cr	CT	T	T	N	CT
		Unidades	Libras	USD	USD	USD x pedido	Mes	Días	Ordenes x año	USD x año
51.74	ADELGAZANTE POLIMERIC PARA LODO BASE AGUA - 5 Gal CN	129	6,694	\$ 457.02	\$ 324.11	\$ 781.13	11.9	358	1.005	\$ 784.84
36.72	ANTIESPUMANTE LIQUIDO MEZCLA DE ALCOHOLES HMW -5 Gal CN	98	3,596	\$ 316.37	\$ 194.34	\$ 510.71	19.9	598	0.602	\$ 307.69
50	ASFALTO SULFONATADO -50 lbm BG	1,374	68,682	\$ 1,614.60	\$ 1,121.58	\$ 2,736.18	3.5	104	3.477	\$ 9,513.40
50	ASFALTO -50 lbm BG	525	26,245	\$ 4,595.33	\$ 1,414.09	\$ 6,009.42	2.7	82	4.384	\$ 26,343.31
55.12	VISCOSIFICANTE -25 KG BAG	589	32,488	\$ 2,175.20	\$ 988.43	\$ 3,163.63	3.9	117	3.064	\$ 9,693.74
100	MATERIAL DENSIFICANTE -100 LB BAG	7,019	701,917	\$ 9,741.10	\$ 4,144.82	\$ 13,885.92	0.9	28	12.849	\$ 178,419.46
100	BENTONITA TIPO WYOMING -100 lbm BG	443	44,340	\$ 741.07	\$ 477.26	\$ 1,218.33	8.1	243	1.479	\$ 1,802.51
110	BICARBONATO DE SODIO -110 lbm BG	168	18,523	\$ 159.72	\$ 139.85	\$ 299.57	27.7	830	0.434	\$ 129.87
55	CAL HIDRATADA -55 lbm BG	1,315	72,326	\$ 247.65	\$ 224.21	\$ 471.86	17.3	518	0.695	\$ 327.97
110	CARBONATO DE CALCIO M 10 -40 -110 lbm BG	1,304	143,438	\$ 400.47	\$ 300.57	\$ 701.04	12.9	386	0.932	\$ 653.20
110	CARBONATO DE CALCIO M 200 -110 lbm BG	2,547	280,195	\$ 993.15	\$ 648.27	\$ 1,641.42	6.0	179	2.010	\$ 3,298.66
110	CARBONATO DE CALCIO M 325 -110 lbm BG	2,482	272,999	\$ 843.32	\$ 632.86	\$ 1,476.18	6.1	183	1.962	\$ 2,896.08
110	CARBONATO DE CALCIO M 40 -100 -110 lbm BG	1,819	200,106	\$ 718.59	\$ 463.88	\$ 1,182.47	8.3	250	1.438	\$ 1,700.44
110	CARBONATO DE CALCIO M 600 -110 lbm BG	2,982	328,054	\$ 1,395.71	\$ 787.33	\$ 2,183.04	4.9	147	2.441	\$ 5,328.20
25	CASCARA DE ARROZ	622	15,562	\$ 136.28	\$ 109.87	\$ 246.14	35.2	1,057	0.341	\$ 83.83
50	CASCARA DE COCO -50 lbm BG	467	23,338	\$ 379.15	\$ 302.70	\$ 681.85	12.8	384	0.938	\$ 639.83
50	CELULOSA POLIANIONICA DE BAJA VISCOSIDAD -50 lbm BG	600	29,997	\$ 1,304.23	\$ 907.09	\$ 2,211.33	4.3	128	2.812	\$ 6,218.24
477.33	ENCAPSULANTE POLIMERIC -55 GAL DRUM	10	4,588	\$ 3,549.73	\$ 1,053.12	\$ 4,602.85	3.7	110	3.265	\$ 15,026.80
491.1	INHIBIDOR DE ARCILLAS -55 GAL DRUM	80	39,350	\$ 5,111.36	\$ 1,815.67	\$ 6,927.03	2.1	64	5.629	\$ 38,989.35
2	EXTENDEDOR DE BENTONITA -2 lbm BG	-	-	\$ -	-	-	-	-	-	\$ -
50	CONTROLADOR DE FILTRADO -50 lbm BG	783	39,160	\$ 3,700.75	\$ 1,161.89	\$ 4,862.64	3.3	100	3.602	\$ 17,514.52
44.23	GLUTARALDEHIDO -5 Gal CN	255	11,283	\$ 582.77	\$ 471.67	\$ 1,054.44	8.2	246	1.462	\$ 1,541.79
458.98	INHIBIDOR DE CORROSION -55 Gal CN	6	2,582	\$ 250.23	\$ 172.01	\$ 422.25	22.5	675	0.533	\$ 225.16
50	GRAFITO MATERIAL OBTURANTE (F) -50 lbm BG	1,223	61,149	\$ 1,621.17	\$ 975.94	\$ 2,597.11	4.0	119	3.025	\$ 7,857.29
50	LIGNITO MODIFICADO -50 lbm BG	1,090	54,492	\$ 1,446.82	\$ 747.08	\$ 2,193.90	5.2	155	2.316	\$ 5,080.97
50	LUBRICANTE MECANICO TIPO MICROESFERAS DE COPOLIMERO	40	1,981	\$ 636.24	\$ 219.81	\$ 856.05	17.6	528	0.681	\$ 583.33
408.49	LUBRICANTE Y REDUCTOR DE TORQUE DE ORIGEN VEGETAL -55 Gal DRUM	81	33,176	\$ 4,647.93	\$ 1,469.58	\$ 6,117.51	2.6	79	4.556	\$ 27,869.51
25	MATERIAL CELULOSICO FIBROSO FINO -25 lbm BG	1,784	44,594	\$ 899.61	\$ 587.74	\$ 1,487.36	6.6	198	1.822	\$ 2,709.98
55	SODA CAUSTICA -55 lbm BG	402	22,132	\$ 777.44	\$ 559.54	\$ 1,336.99	6.9	208	1.735	\$ 2,319.11
358	MEJORADOR DE ROP -55 GAL DRUM	108	38,553	\$ 7,830.34	\$ 2,006.93	\$ 9,837.27	1.9	58	6.221	\$ 61,202.50
										\$ 57,273.36
										\$ 24,422.25
										\$ 81,695.60
										\$ 429,061.54

Figura 26: Tabla con cálculo de Costo Almacenamiento, Costo Pedido y Costo Total inventario

Si nos remitimos a la **Zona 5**, de la tabla tradicional y donde el Costo Total del inventario según el modelo aplicado fue de **USD 101,175.31**, referente a los productos que se usaran para un pozo, y si multiplicamos esta cantidad por 12 (número de pozos a perforar en un año) obtenemos un valor de **USD 1, 214,115.76** como Costo Total del Inventario, sin embargo, si nos limitamos estrictamente a la realización de los pedidos, según las cantidades y número de veces al año que nos recomienda el modelo Wilson Harris, lograríamos una reducción de hasta el **65%**, pues como se observa en la tabla arriba el resultado de la simulación nos arroja un valor de solo **USD 429,061,54**.



3. CONCLUSIONES

3.1 Hipótesis 1 - Se comprobó que Halliburton, y específicamente la línea de servicios BAROID, aún tiene muchas oportunidades de mejoría en su gestión de inventarios, pues logramos demostrar que en su afán de satisfacer la premisa de asegurar una excelente calidad del servicio, manteniendo niveles de inventario que permitan reaccionar a los desafíos técnicos de la perforación en el área de Acacias y Castilla La Nueva en el estado del Meta – Colombia, incurre en costos adicionales de almacenamiento y abastecimiento, pues usa como base en su planeación, solo información geométrica de los pozos, y no incorpora datos históricos de los consumos en el área, ni modelos matemáticos que le permitan optimizar.

3.2 Hipótesis 2 - Con la aplicación del Modelo Wilson Harris, logramos demostrar que la inclusión del concepto de “stock” de seguridad (S_s), calculado con base en los consumos históricos en el área estudiada, garantizamos un beneficio económico al reducir el costo total de gerenciamiento del inventario por pozo. En nuestro estudio de un caso real, aplicando la tabla tradicional de cálculo y la tabla que recomendamos usar con los datos del Stock de Seguridad, se observa valores de **USD 101,175.31** para el primer ejercicio y luego un valor de **USD 66,233.03** para el segundo caso, lo que representa una reducción del Costo Total del inventario del **35%**.

3.3 Hipótesis 3 - De forma similar, logramos observar una posible reducción en el costo total de gerenciamiento del inventario de hasta el **65%**, si aplicamos la tabla y seguimos la recomendación de hacer los pedidos de productos en el número ($N = D/Q^*$) resultante de la aplicación del modelo de Harris – Wilson, al calcular la cantidad óptima a solicitar de cada producto (Q).



4. FUTURAS INVESTIGACIONES

Futuras investigaciones: Los trabajos de investigación futuros deben estar orientados a analizar escenarios para la gestión de inventarios en todas las zonas en Colombia, donde trabaja Baroid – Halliburton, con el objetivo de consolidar la estrategia como país.

Adicionalmente, debemos investigar cuales herramientas estarían disponibles para sistematizar la entrada de datos (Consumos reales y demanda proyectada), a través de la integración de los datos provenientes de los softwares operativos de Baroid y los diferentes modelos de gestión de inventario.



5. BIBLIOGRAFÍA

Ahumada, Omar G. Los 2.000 barriles que transformaron la vida y la economía del país. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/como-fue-el-inicio-de-la-industria-petrolera-en-colombia-213738>

Vasquez Hernan. (2012) La Historia del Petróleo en Colombia – Revista Universidad Eafit.

Corporate profile Halliburton. (n.d.). Recuperado de <https://halworld.corp.halliburton.com/corporate/about-us.html?node-id=h9rie4k4>

Ballou, R. H. (1999). Business Logistics Management. Prentice Hall.

Sande, J. (2012). Economía de Empresa (Vol. 7).

Actualidad Empresa, (2015). Modelos de Gestión de Inventarios. Recuperado de <http://actualidadempresa.com/modelos-y-estrategias-para-la-gestion-de-inventarios-y-aprovisionamientos>

Artucio, E. (2014). *Ventajas de un sistema de gestión de inventario gerenciado por el proveedor frente a una gestión tradicional*. Buenos Aires, Uniersidad Torcuato Di Tella.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). Formas y tipos de investigación. In M. Tamayo y Tamayo, *El Proceso de la Investigación Científica* (pp. 46-63). Mexico: Limusa.



ANEXOS

- ✚ **Formato Tabla Estandar.xlsx**
- ✚ **Calculo Stock de Seguridad.xlsx**
- ✚ **Aplicación Modelo Wilson Harris.xlsx**
- ✚ **Tabla Estándar Calculo Volúmenes pozo tipo.xlsx** – Archivo Excel usado para cálculos estadísticos, aplicación del modelo Wilson Harris y Stock de Seguridad.