

Universidad De Los Andes  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Industrial

Proyecto de Grado

Diseño de la operación de una empresa consultora  
intermediaria para planeación de suministros de  
materiales para construcción, utilizando herramientas de  
cubrimiento de riesgo

Mario Sandoval

Cod. 199812139

Asesor: Roberto Zarama

Bogota D.C. , Junio de 2003

**TABLA DE CONTENIDO**

TABLA DE CONTENIDO .....	2
INTRODUCCIÓN:.....	3
JUSTIFICACIÓN: .....	5
OBJETIVOS : .....	6
MARCO TEÓRICO:.....	7
El modelo de cantidad económica de pedido .....	7
El modelo Q,R .....	8
El modelo S,T .....	9
Mecánicas de los mercados de futuros.....	10
Generador de variables aleatorias normales estandarizadas .....	10
Método PERT.....	11
EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL MODELO:.....	12
PROCEDIMIENTO DE LA CONSULTORÍA .....	18
OBRAS A ESTUDIO: .....	20
FORMA DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA .....	21
Compras obra calle 17 .....	21
Compras obra cancerología .....	21
Compras obra FAC .....	21
Costo de mantener inventario por cada material .....	22
GENERACIÓN DE POLÍTICAS DE SUMINISTROS: .....	23
ANÁLISIS ECONÓMICO (AHORROS PARA EL CONSTRUCTOR):.....	24
Ahorros por práctica de pago de anticipo .....	25
Ahorros por mantenimiento de inventarios y faltantes .....	28
ESTUDIO DE ATRASOS EN LA PROGRAMACIÓN:.....	29
Resumen de resultados.....	33
ESTRATEGIAS DE NEGOCIACIÓN:.....	36
PUNTOS IMPORTANTES EN EL CONTRATO FUTURO: .....	38
CONCLUSIONES:.....	39
BIBLIOGRAFÍA .....	40
ANEXOS.....	41

## INTRODUCCIÓN:

El primer acercamiento para llegar a este proyecto, se dio gracias a la importancia del sector de la construcción dentro de la economía y la vida en general que este genera en nuestro país y encontrar que se producen casi artesanalmente las construcciones para vivienda y habitación temporal (Centros de salud, centros educativos, oficinas, etc. ), de allí la importancia del sector generando miles de empleos ya sea directa o indirectamente.

Empezó allí la inquietud de encontrar cómo se podría aplicar la ingeniería industrial y principalmente sus métodos de producción en la producción de obras civiles.

Se encontró que algunas empresas constructoras que llevan a cabo obras de gran magnitud, principalmente obras publicas en concesión, tienen planeación y control de la producción, adecuada o no, la hacen porque la inversión es alta, propia y los proyectos duran varios años.

Pero de estas empresas no estamos hablando al tomar en cuenta obras que no sobrepasan los 4500 salarios mínimos mensuales.

Así que se contactaron algunos de estos constructores a través de los cuales se pudieron encontrar algunos puntos en donde los métodos de producción podrían ser de gran ayuda en este sector. Tomando un sondeo de donde veían ellos fallas en la construcción, que su carrera no les permitiera solucionar, o induciendo algunos problemas, como el manejo de inventarios, en el cual no sabían del todo que era un aspecto en el cual se podía mejorar.

Se mencionaron estos puntos:

Control de calidad

Mediante la implementación de normas en los procesos

Control ambiental

Mediante la implementación de las normas ISO 14.000 a los procesos constructivos

Manejo de inventarios

Empezar a aplicar un modelo de control de inventarios, ya que no se hace realmente en obras de pequeña y algunas de gran magnitud.

Control de programación de obra

Creación de sistemas de medición eficientes, soportado en el software existente

Al investigar un poco más en los procesos que se utilizan actualmente, se ven procesos que aunque algunos ya estén soportados con software (Control de programación), las revisiones se hacen totalmente en persona.

Siendo un sector que genera muchos empleos como se señala anteriormente, es muy difícil cambiar la producción a algo más automatizado.

Se genera entonces la duda de cómo sería posible para cualquier constructor con alto o bajo capital de trabajo solucionar el mal manejo de los inventarios y su política de suministros. Ya que los demás problemas, exigen una fuerte educación y experiencia en aspectos técnicos de los procesos constructivos (Control de calidad y ambiental).

Por eso se genera la idea de una empresa consultora intermediaria entre proveedor y constructor, que puede planear y de acuerdo al buen funcionamiento de esto, cumplir justo a tiempo con los pedidos planeados en las diferentes obras.

Esto lleva a eliminar una de las barreras que llevan al no cumplimiento de una programación.

Pero, para que sea posible una planeación seria, es necesario negociar con ambas partes un contrato en fecha futura que comprometa a las partes a cumplir con dicha planeación, asegurando además precios razonables para todos, y encontrar que es rentable la empresa intermediaria.

Además ahorra el costo de oportunidad en el que incurren los constructores al "invertir" su anticipo o su propio capital en la negociación de los precios de los materiales para el futuro.

Así pues, solo queda la variable humana en el proceso que puede ser cambiante en el camino con más o menos personal.

Es una idea que ayuda a todos, el constructor maneja una política seria de inventarios, ahorrándose algunos costos referentes a esto, tiene un proveedor serio que cumple con sus requerimientos.

El proveedor vende su producción anticipadamente, lo cual lo posibilita de planear fácilmente su producción.

Y para el intermediario, es un negocio lucrativo, que ayuda al sector a su eficiente producción.

## **JUSTIFICACIÓN:**

Realmente, los constructores al no tener los recursos para preocuparse técnicamente por su manejo de inventario, se han resignado a seguir trabajando de la misma manera como lo han hecho desde hace muchos años, donde se tiene un almacenista en el almacén de materiales, controlando que entra y que sale de este, pero sin ninguna autoridad de hacer un pedido o revisar la programación para saber como se va a ir consumiendo cada material a través del futuro cercano.

Estas decisiones las toma el residente, o el director de obra que salvo algún caso asilado no tienen ninguna preparación más que la empírica en manejo de inventarios. Esto lleva a que se hagan pedidos desordenadamente, exponiéndose a que un retraso de algún proveedor ocasione la detención de alguna actividad, que pueda tener implicaciones en el tiempo de entrega o de culminación de la obra.

Pueden ocurrir dos problemas, el primero se refiere a un capital que está abandonado por cierto tiempo en el almacén (En el caso de pedir demasiado), lo cual genera un costo de oportunidad importante, y por otro lado, si se detiene una actividad por la falta de material, seguramente la solución será contratar más mano de obra (Sobrecosto) que la presupuestada, para aumentar los rendimientos y poder cumplir con la programación.

Además de solucionar ese problema, este trabajo también logrará por medio de las herramientas de cubrimiento de riesgo (Basadas en mercados derivados), permitir liquidez en el momento de empezar una obra, principalmente para aquellas que se entregan bajo licitaciones públicas. En las cuales se entrega un anticipo al constructor para que arranque la obra, y se le paga a medida que se va construyendo la obra, pero el constructor utiliza gran parte de este anticipo para negociar los precios de los materiales con los proveedores. Esto no sucederá pues no será necesario hacer pagos para negociar los precios futuros.

Entonces es realmente necesario buscar una solución, para dejar de incurrir en costos inútiles que lo único que hacen es incrementar el costo de las obras, lo cual no es bueno para los constructores ya sea capital propio o ajeno (Puede ser público).

Si se logra una solución, se verán ahorros para los inversionistas y mejores retornos pues se invierte menos y se vende en lo mismo, ahorros para el sector público en sus obras o mejores márgenes de utilidad para el sector de la construcción.

**OBJETIVOS :**

Crear la forma de operación de una empresa que solucione el atraso de los pedidos, y el mal manejo de control de inventarios en las obras civiles de vivienda e infraestructura de mediana magnitud, mediante el cumplimiento de una consultoría específica para cada obra, proveyéndola de estos materiales, con precios preestablecidos, a través de la vida de la obra. Generando ahorros por exceso o falta de inventario y por la conveniente negociación de los precios de los materiales.

Evaluar modelos de control de inventarios, con información de propuestas hechas por los constructores colaboradores y escoger para la operación de la empresa el que resulte con más bajos costos, siempre teniendo en cuenta cierto nivel de servicio.

Generar políticas eficientes de inventarios en las obras, con el mas bajo stock de seguridad.

Mostrar los puntos más importantes a tener en cuenta en un contrato de futuros, para este caso específico con condiciones especiales que den garantías para el buen cumplimiento de los objetivos de eficiencia y ahorros.

Realizar un estudio de los ahorros que se generarían al llevar a cabo esta práctica por parte de los constructores.

Encontrar los puntos a favor para cada uno de los agentes del proceso al adoptar en su empresa la consultoría y/o la forma de negociación de materiales.

Mostrar cómo se refleja económicamente en una empresa constructora los atrasos en la programación de obra y el beneficio de planear y controlar la producción.

**MARCO TEÓRICO:****El modelo de cantidad económica de pedido**

Este modelo es el más sencillo y fundamental de todos los modelos de inventario.

El modelo básico:

Supuestos

1. La tasa de demanda se conoce y es una constante igual a  $\lambda$  unidades por unidad de tiempo.
2. No se permiten faltantes
3. No hay tiempo de demora de pedido
4. Los costos incluyen
  - K Costo de ordenar
  - Costo de una unidad c
  - Costo de mantener el inventario h

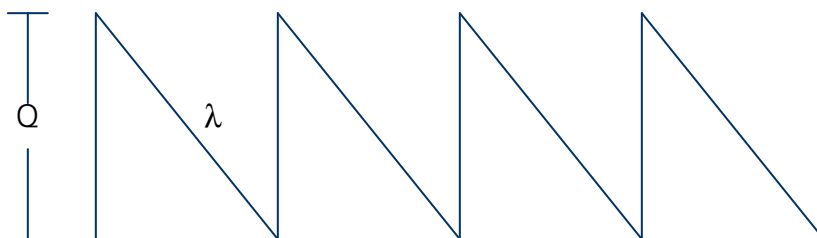
En el tiempo cero el inventario disponible es cero, así que se hace un pedido de Q unidades y cada vez que el inventario disponible llegue a cero se hará un pedido de Q unidades.

De acuerdo a esto, el costo de la política es:

Costo de ordenar + costo de comprar + costo de mantener inventario

Al derivar la función de costo total de este modelo e igualar a cero se encuentra que el valor que minimiza el costo total es:

$$Q = \text{RAIZ}(2 * K * \lambda / h)$$



## El modelo Q,R

Para este modelo, las variables de decisión son dos, Q cantidad de unidades de cada pedido, y R cantidad de inventario disponible en el momento de hacer el pedido.

### Supuestos

El sistema tiene revisión periódica

Siempre se conoce el nivel de inventario

La demanda es aleatoria y estacionaria (No se puede predecir, pero su media es  $\lambda$ )

Existe un tiempo de demora para la colocación de los pedidos  $\tau$

Costo de ordenar K

Costo de mantener inventario h

Costo por unidad c

Costo de faltante p

En este modelo se ordenan Q unidades, cada vez que el inventario disponible llega al valor de R.

El costo de mantener inventario será el costo por periodo por unidad h por la cantidad de inventario promedio en el mismo periodo de tiempo.

En este modelo se pone en evidencia la existencia del inventario de seguridad s, dado por el valor esperado del inventario disponible cuando llega el pedido. Así pues el inventario promedio está dado por  $s+Q/2$ .

En el costo de ordenar se incurre cada vez que se ordena un pedido y cada orden de pedido cuesta K unidades monetarias.

El costo de faltante está dado por el valor esperado de unidades faltantes por ciclo, por la cantidad de ciclos, por el costo de faltante unitario p.

Como el objetivo es encontrar los valores de Q y R que minimizan el costo total :

Se hace bajo un método en el que se parte de una buena y sencilla solución como lo es el EOQ y se iteran las dos ecuaciones siguientes hasta encontrar que los valores no varían (Valores óptimos)

$$Q = \text{RAIZ}(2 * \lambda * (K + p * n(R)) / h)$$



$$1 - F(R) = Q * h / ( p * \lambda )$$

Para esta clase de modelos, se utiliza el nivel de servicio para asegurar cierta efectividad en la planeación que se está llevando a cabo.

Existen dos tipos:

Nivel de servicio tipo 1

Especifica la probabilidad de no tener faltantes durante el tiempo de demora del pedido.

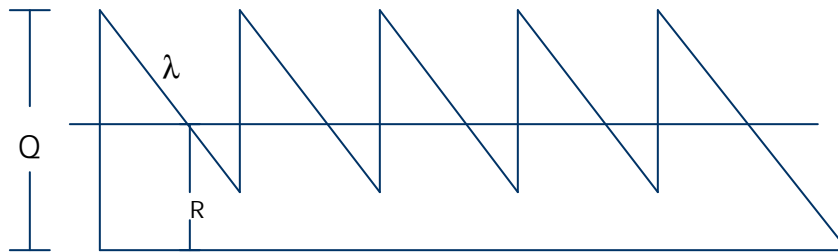
Esto incluye una restricción más al modelo.

Pero es más directa su solución, hay que encontrar el R que cumpla que  $F(R) = \alpha$  (nivel de servicio)

Nivel de servicio tipo 2

Mide la proporción de demandas que van a ser satisfechas con las existencias.

Ahora su solución es el Q y R correspondientes a  $n(R)/Q = 1 - \beta$



### El modelo S,T

En este modelo se tienen dos variables de decisión, el intervalo de revisión T y el inventario meta S.

Los supuestos son los mismos que para el Q,R , y la simbología también.

Aquí se genera de nuevo la misma ecuación de costo total

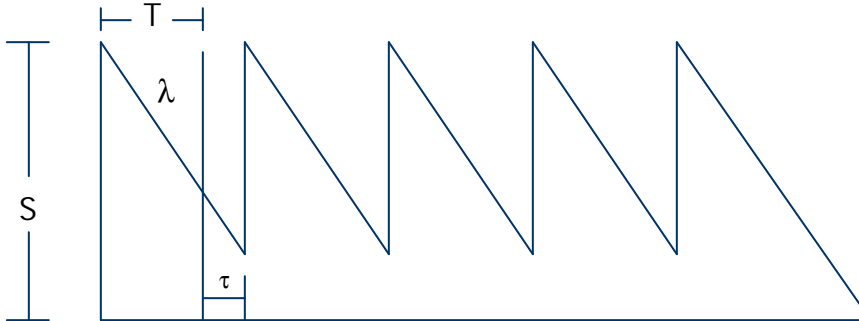
Costo total = Costo de ordenar + costo de comprar + costo de mantener inventarios + costo de faltantes

Las ecuaciones que optimizan el costo total son:

$$T = \text{RAIZ} (2 \cdot K / (h \cdot \lambda))$$

$$S = \lambda \cdot (T + \tau) + s$$

$$S = Z^* \sigma(T + t)$$



### Mecánicas de los mercados de futuros

Un contrato de futuros es un acuerdo para vender o comprar un activo a cierto precio con entrega en un tiempo futuro.

Este contrato debe estar muy bien especificado, especialmente la descripción detallada del activo, la cantidad que se está transando, donde debe ser hecha la entrega y cuando debe ser hecha.

Además, por definición, el precio de transacción debe ser en el cual el comprador es indiferente de comprarlo bajo este mecanismo o bajo una compra tradicional en la fecha futura.

### Generador de variables aleatorias normales estandarizadas

Existen varios métodos y para generar números aleatorios para cada una de las distribuciones más conocidas.

Este es uno de los más simples, pero cumple con su propósito en este proyecto.

Se parte de una pareja de variables aleatorias independientes con distribución uniforme sobre el intervalo unitario.  $U_1$  y  $U_2$ .

Se pasan por el generados, y este genera un para de variables aleatorias normales estandarizadas e independientes, Z1 y Z2.

$$Z1 = \text{RAIZ} (-2 * \ln U1) * \text{sen} (2 \pi * U2)$$

$$Z2 = \text{RAIZ} (-2 * \ln U2) * \text{cos} (2 \pi * U1)$$

### **Método PERT**

PERT es una generalización del método de la ruta crítica que tiene en cuenta la incertidumbre en los tiempos de actividad. Cuando esos tiempos son difíciles de predecir, PERT puede proporcionar estimados del efecto de esa incertidumbre sobre el tiempo de terminación del proyecto.

Se define la duración de cada una de las actividades como una variable independiente. Ya que no se sabe la distribución de cada una de las variables, pero se conoce el tiempo máximo, el tiempo mínimo y el mas probable esperado para completar la actividad, se ajusta a una distribución beta que tiene como propiedad, tener su moda en cualquier lugar del intervalo.

Esto con la idea de obtener formulas sencillas de aproximación para la media y la varianza de la distribución del tiempo de las actividades individuales.

El supuesto de la distribución beta permite justificar aproximaciones para la media y la desviación estándar para cada tiempo de actividad, así:

$$\mu = ( a + 4m + b ) / 6$$

$$\sigma = ( b - a ) / 6$$

Donde

a = Tiempo mínimo de la actividad

b = Tiempo máximo de la actividad

m = Tiempo más probable de la actividad

## **EVALUACIÓN Y ESCOGENCIA DEL MODELO:**

Dentro de los variados modelos existentes de control de inventarios, se escogieron tres.

Modelo EOO

Modelo Q,R (Control en el nivel de inventario)

Modelo S,T (Control en el tiempo periódico de revisión del inventario)

Para la evaluación de estos modelos, fueron facilitadas por el CONSORCIO PIRÁMIDE, las propuestas por ellos presentada al *Departamento administrativo de la presidencia de la república, Fondo de inversión para la paz*, para la construcción del centro de salud de Puerto Guzmán, Putumayo. Y el hospital municipal de Orito, Putumayo.

Además de la facilitada también por el CONSORCIO C.R.S. para la construcción de la sede social del club de oficiales de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) en Bogotá D.C.

Con el análisis de las propuestas se escogieron los materiales que formarán parte de este estudio, teniendo en cuenta que fueran materiales significativos tanto físicamente (Almacenaje), cómo económicamente en el costo de la obra.

Entonces los materiales escogidos son:

Concreto

Hierro

Bloque o ladrillo

Los dos primeros presentes en el capítulo de estructuras en concreto (Se trabajan simultáneamente) y el último presente en el capítulo de mampostería.

Cada una de las obras requiere de diferentes materiales, debido a sus especificaciones técnicas y de diseño, así estos son los materiales escogidos especificados para cada una:

Centro de Salud de Puerto Guzmán, Putumayo

Ladrillo tolete

Concreto

Hierro de 37000 psi

Hierro de 60000 psi

Hospital municipal de Orito, Putumayo

Bloque de cemento

Concreto

Hierro de 37000 psi

Hierro de 60000 psi

Sede Club FAC

Bloque e = 35 cm

Bloque e = 15 cm

Concreto reforzado (Incluido el hierro)

Los modelos Q,R y S,T son utilizados para el control de inventarios cuando la demanda es incierta. En este caso la demanda es conocida, pues se sabe de antemano qué cantidad de cada material se consumirá en cada etapa de la obra, pero no es posible predecir si la tasa de consumo del material será fija, pues depende de la variable humana de los obreros y sus rendimientos.

Para esto, se aplicó el método PERT, con el cual se ajusta la duración de una actividad a la distribución de probabilidad de una variable beta en donde la media será el tiempo previsto para la culminación de dicha actividad.

Se calcularon así los tiempos máximos y mínimos de duración de cada actividad, según lo recomienda el método, con los responsables de los proyectos y las personas que están familiarizadas con este tipo de proyectos de construcción.

De acuerdo a esto se estimó + y - 30 % del tiempo de planeación para los máximos y mínimos. Dependiendo tanto de variables como el clima, como del aumento de productividad de la mano de obra.

Así pues las actividades involucradas con los materiales van a tener una distribución beta con los siguientes parámetros:

<b>Material</b>	<b>Duración en semanas = m</b>	<b>Tiempo en mínimo de actividad = a</b>	<b>Tiempo de la máximo de la actividad = b</b>	<b>u (Media)</b>	<b>s (Desviación estándar)</b>
Bloque Orito	10	7	13	10	1
Hierro 37 Orito	16	11,2	20,8	16	1,6
Hierro 60 Orito	16	11,2	20,8	16	1,6
Concreto Orito	16	11,2	20,8	16	1,6
Bloque 35 cm FAC	11	7,7	14,3	11	1,1

Bloque 15 cm FAC	11	7,7	14,3	11	1,1
Concreto FAC	7	4,9	9,1	7	0,7
Concreto Puerto Guzman	16	11,2	20,8	16	1,6
Hierro 37 Puerto Guzman	16	11,2	20,8	16	1,6
Hierro 60 Puerto Guzman	16	11,2	20,8	16	1,6
Tolete Puerto Guzman	8	5,6	10,4	8	0,8

Nótese que todas las desviaciones son iguales al 10 % debido a que el método asume 6 desviaciones estándar entre el máximo y el mínimo, en este caso esta distancia es del 60% en todos los casos.

Dentro del cálculo de los costos al utilizar cada uno de los modelos, se necesitaron datos de entrada, que fueron calculados así:

Demanda durante el periodo: Cantidad necesaria de material

Demanda diaria : Cantidad proporcional de material necesaria en un día para demandar la anterior en el periodo exactamente.

Lead Time : 1 Día ( Cómo ya está planeado y negociado, según el funcionamiento del mecanismo, sería necesario una recordación el día anterior al despacho, además no influye en los resultados)

Error del pronóstico : Valor correspondiente a una desviación estándar, en todos los casos el 10 % como se puede ver en el cuadro anterior.

Costo de una unidad de material ( c )

Costo de mantenimiento del inventario por el periodo ( h )

Costo de faltante ( p ) = costo de mano de obra adicional por operario para cumplir la programación "procesando" el material faltante a destiempo (Después) ( v ) \* factor ( f ) ( Número de trabajadores necesarios para procesar el material faltante a destiempo )

Costo de ordenar ( K ) : Costo del tiempo de la persona encargada de elaborar los pedidos.

Todos los valores fueron sacados de la propuesta hecha por los constructores a las entidades públicas de acuerdo a precios y tiempos de los capítulos.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de los modelos y una comparación de los costos que generan.

Para poder comparar los modelos Q,R y S,T , se evaluó primero el Q,R , con el fin de evaluar el S,T con los mismos niveles de servicio.

**Comparación de resultados****Bloque Orito**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 48.938	\$ 49.183		\$ 25.336.248	\$ 25.434.370
Q,R	\$ 48.938	\$ 51.215	\$ 68	\$ 25.336.248	\$ 25.436.468
S,T	\$ 45.352	\$ 77.061	\$ 68	\$ 25.336.248	\$ 25.458.729

**Hierro 37 Orito**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 44.885	\$ 44.885		\$ 13.254.447	\$ 13.344.218
Q,R	\$ 44.885	\$ 45.434	\$ 217	\$ 13.254.447	\$ 13.344.984
S,T	\$ 42.880	\$ 56.809	\$ 217	\$ 13.254.447	\$ 13.354.353

**Hierro 60 Orito**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 50.544	\$ 50.544		\$ 16.807.357	\$ 16.908.446
Q,R	\$ 50.544	\$ 51.260	\$ 271	\$ 16.807.357	\$ 16.909.433
S,T	\$ 48.016	\$ 64.778	\$ 271	\$ 16.807.357	\$ 16.920.423

**Concreto Orito**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 116.953	\$ 116.953		\$ 89.987.092	\$ 90.220.998
Q,R	\$ 116.953	\$ 123.532	\$ 1.013	\$ 89.987.092	\$ 90.228.590
S,T	\$ 104.252	\$ 186.946	\$ 1.013	\$ 89.987.092	\$ 90.279.304

**Bloque 35 cm FAC**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 38.922	\$ 39.249		\$ 14.618.658	\$ 14.696.829
Q,R	\$ 38.922	\$ 40.522	\$ 12	\$ 14.618.658	\$ 14.698.114
S,T	\$ 36.900	\$ 59.389	\$ 12	\$ 14.618.658	\$ 14.714.959

**Bloque 15 cm FAC**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 31.927	\$ 32.029		\$ 9.785.626	\$ 9.849.582
Q,R	\$ 31.927	\$ 32.874	\$ 7	\$ 9.785.626	\$ 9.850.434
S,T	\$ 30.500	\$ 49.244	\$ 7	\$ 9.785.626	\$ 9.865.377

**Concreto FAC**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 75.647	\$ 75.647		\$ 86.052.977	\$ 86.204.272
Q,R	\$ 75.647	\$ 83.372	\$ 852	\$ 86.052.977	\$ 86.212.849
S,T	\$ 64.102	\$ 137.055	\$ 852	\$ 86.052.977	\$ 86.254.987

**Concreto Puerto Guzman**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 115.667	\$ 115.667		\$ 88.018.814	\$ 88.250.148
Q,R	\$ 115.667	\$ 122.147	\$ 987	\$ 88.018.814	\$ 88.257.615
S,T	\$ 103.229	\$ 185.121	\$ 987	\$ 88.018.814	\$ 88.308.151

**Hierro 37 Puerto Guzman**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 58.976	\$ 58.976		\$ 22.882.819	\$ 23.000.772
Q,R	\$ 58.976	\$ 60.033	\$ 351	\$ 22.882.819	\$ 23.002.180
S,T	\$ 55.563	\$ 77.773	\$ 351	\$ 22.882.819	\$ 23.016.506

**Hierro 60 Puerto Guzman**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 66.232	\$ 66.232		\$ 28.859.328	\$ 28.991.791
Q,R	\$ 66.232	\$ 67.596	\$ 436	\$ 28.859.328	\$ 28.993.592
S,T	\$ 61.957	\$ 88.487	\$ 436	\$ 28.859.328	\$ 29.010.208

**Tolete Puerto Guzman**

	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de faltantes	Costo de comprar	Costo Total
EOQ	\$ 59.156	\$ 59.611		\$ 46.399.589	\$ 46.518.356
Q,R	\$ 59.156	\$ 63.224	\$ 130	\$ 46.399.589	\$ 46.522.099
S,T	\$ 52.845	\$ 97.678	\$ 130	\$ 46.399.589	\$ 46.550.242



*El cálculo de estos valores se encuentra anexo en EOQ Tesis.xls, Q,R Tesis.xls, S,T Tesis.xls.*

Debido a que el modelo EOQ no permite faltantes, no es el más idóneo para este análisis pues no existirían (Lo cual si puede suceder) y mucho menos al no contemplar inventario de seguridad.

Este modelo podría ser utilizado con algún mecanismo de inventario de seguridad independiente, pero de esa forma resultaría siendo mejor cualquiera de los otros dos modelos, pues sí están llegando a un óptimo, de acuerdo al nivel de servicio requerido.

En absolutamente todos los casos, el modelo Q,R genera menores costos que el S,T , algunas veces por muy poco, pero siempre lo hace.

Teniendo en cuenta, que están brindando el mismo nivel de servicio tipo 1 (Probabilidad de no tener faltantes).

Así pues, el modelo escogido para generar las políticas de suministros de los materiales es el modelo Q,R.

Una vez escogido el modelo con el cual se van a planear los inventarios, ya es posible mostrar con obras y cifras reales de que forma se va a hacer la consultoría.

## **PROCEDIMIENTO DE LA CONSULTORÍA**

1. Revisión de la forma de operación, hábitos y encargados de compras de la compañía constructora ya sea levantando información a través del tiempo viendo su operación en el campo (Obras y oficinas administrativas) o revisando sus archivos de compras de obras del pasado.
2. Cálculo del costo de las políticas de inventarios y suministros que se llevan a cabo normalmente con los datos recogidos del archivo de compras.
3. Planeación de pedidos de acuerdo al modelo escogido para las obras a las cuales se les ha calculado el costo de la política de inventarios y suministros, para esto será necesario encontrar información dentro de la propuesta hecha por la empresa en el proceso licitatorio de la obra en cuestión.
4. Calcular costos totales de la política sugerida por el modelo que se está utilizando.
5. Encontrar los ahorros generados por la política sugerida por el modelo con respecto al operar de la empresa constructora, y mostrarlos como un porcentaje del valor de los materiales, incluyendo los costos por faltantes (Si es posible calcularlos), mantenimiento de inventarios y costos de oportunidad por pagos en distintos momentos del tiempo (Costos financieros)
6. Explicar la conveniencia del uso de una planeación seria de inventarios y suministros, no solo en aspectos económicos, sino en mejora de operación del área administrativa encargada de las compras y pagos, y el desempoderamiento de funcionarios no preparados en el tema, como lo son los almacenistas (Se utilizarán solo como mecanismo de control para regular la producción de acuerdo a la planeación, con reportes a los responsables de la obra, residente y director).
7. Mostrar las ventajas en cumplimiento de la nueva forma de transacción de materiales con los contratos futuros
8. Planear las obras que se van a empezar a construir, para empezar a aplicar realmente la planeación de inventarios y suministros.

9. Negociar con los proveedores los precios de los materiales de acuerdo a las cantidades y fechas generadas por la planeación, mostrando las ventajas que para ellos existen al negociar de esta forma.
10. Controlar el proceso de entrega y pago de materiales junto con los responsables del área en la empresa, con el fin de que puedan realizar el proceso en las siguientes obras de la empresa independientemente, incluyendo la planeación, control y negociación del proceso.

**OBRAS A ESTUDIO:**

Para llevar a cabo el estudio que se describe, fue posible encontrar en los archivos de los constructores colaboradores las compras hechas para las siguientes tres obras:

- o Ampliación, remodelación y dotación de la morgue para el instituto nacional de cancerología.

Presentado y construido por la unión temporal B.R.G

- o Construcción de un supermercado en la caseta feria popular ubicada en la calle 17 # 4 – 65 para el fondo de ventas populares y fondo de desarrollo local de Santafé.

Presentado y construido por el consorcio R.S.

- o Construcción de la sede social del club de oficiales de la Fuerza Aerea Colombiana (FAC) en Bogotá D.C.

Presentado y construido por el consorcio C.R.S.

A pesar de ser consorcios y uniones temporales, las tres tiene en común a dos de tres socios, desde donde siempre se manejaron los temas relacionados con compras e inventarios.

## FORMA DE OPERACIÓN DE LA EMPRESA

Dentro de los archivos de compras de cada una de las obras, se encontraron los datos que se muestran a continuación para cada material con su fecha de compra.

### Compras obra calle 17

Hierro	Fecha	Concreto	Fecha	Ladrillo prensado macizo	Fecha
\$ 485.569	18/12/2001	\$ 12.000.000	22/01/2002	\$ 3.897.400	23/04/2002
\$ 1.167.389	17/01/2002	\$ 15.341.105	10/04/2002	\$ 4.382.000	15/05/2002
\$ 13.354.843	10/01/2002	\$ 5.586.278	06/05/2002	\$ 2.645.000	12/06/2002
\$ 236.350	05/02/2002	\$ 10.000.000	28/06/2002		
\$ 1.900.254	01/02/2002				
\$ 2.239.171	11/04/2002				
\$ 1.636.458	10/04/2002				

### Compras obra cancerología

Hierro	Fecha	Concreto	Fecha	Ladrillo prensado macizo	Fecha
\$ 10.000.000	29/08/2000	\$ 6.000.000	31/08/2000	\$ 2.310.000	18/10/2000
\$ 2.000.000	02/08/2000	\$ 7.000.000	11/09/2000		
\$ 10.000.000	14/09/2000	\$ 5.000.000	23/10/2000		
\$ 481.368	25/10/2000	\$ 8.000.000	17/10/2000		
		\$ 8.000.000	05/10/2000		
		\$ 10.000.000	02/10/2000		

### Compras obra FAC

Hierro	Fecha	Concreto	Fecha	Ladrillo tolete	Fecha	Bloque 5	Fecha
\$ 300.000	22/07/1999	\$ 15.000.000	21/09/1999	\$ 315.000	28/09/1999	\$ 297.000	06/07/1999
\$ 250.000	12/07/1999	\$ 40.000.000	09/09/1999	\$ 509.250	10/09/1999	\$ 3.265.000	17/01/2000
\$ 1.311.182	30/09/1999	\$ 5.000.000	09/11/1999	\$ 407.400	24/11/1999	\$ 170.000	14/03/2000
\$ 2.940.413	28/09/1999	\$ 4.000.000	06/12/2009	\$ 509.250	11/11/1999		
\$ 1.203.270	30/11/1999	\$ 4.877.820	14/01/2000	\$ 407.400	11/01/2000		
\$ 2.346.731	27/12/1999	\$ 112.500	21/02/2000	\$ 855.000	14/03/2000		
\$ 692.886	13/01/2000	\$ 3.000.000	15/02/2000	\$ 175.000	15/08/2000		
\$ 1.010.486	22/02/2000						
\$ 338.445	04/02/2000						

Los costos generados por mantenimiento de inventario por este procedimiento de compras se presentan a continuación:

Los cálculos se encuentran anexos en *compras obra calle 17.xls* , *compras obra cancerología.xls* , *compras obra FAC.xls* .

### **Costo de mantener inventario por cada material**

#### **Calle 17**

Hierro	\$	84.587
Concreto	\$	84.846
Ladrillo	\$	9.219

#### **Cancerología**

Hierro	\$	51.123
Concreto	\$	90.750
Ladrillo	\$	82.500

#### **FAC**

Hierro	\$	11.205
Concreto	\$	145.892
Ladrillo	\$	1.292
Bloque	\$	3.698

Además fue posible establecer que la práctica del pago de anticipos no se utiliza en todos los casos, en estos casos no siempre fue utilizada, de cualquier forma en el estudio de este procedimiento se verá como si se hubiera hecho siempre para tener mas datos del costo que acarrea y una mejor aproximación a la realidad.

**GENERACIÓN DE POLÍTICAS DE SUMINISTROS:**

Con cantidad de pedido igual a Q, elaboración de recordación de pedido al llegar a la cantidad R de existencias en el almacén y stock de seguridad s para cubrir la variabilidad de la demanda de material.

Se corre el modelo Q,R para cada uno de los materiales escogidos en cada una de las obras.

En este caso se unieron en uno solo el concreto y el hierro de la obra del club de oficiales de la FAC, debido que en esta propuesta se incluyen dentro del mismo análisis de precio unitario los dos materiales en el m<sup>2</sup> de concreto.

Estas políticas generadas son el óptimo valor que devuelve el modelo, pero para el caso de los hierros (Fondo de ventas Calle 17 y Morgue Cancerología), el nivel de servicio no cumple con el requerimiento de alto nivel de servicio, este se encuentra en ambos casos muy cercano al 91%.

Para que la planeación tenga efectos positivos (Cumplimiento, ahorros y calidad), es necesario tener un alto nivel de servicio, por lo cual se escogió un nivel mínimo de servicio tipo 1 igual al 97.5%.

Así pues, se muestra a continuación el resultado de la planeación para cada uno de los materiales, para los casos en que el nivel de servicio no alcanza el requerimiento se calcula el costo más bajo que garantice este mínimo nivel de servicio del 97.5%.

Los cálculos y resultados de la planeación se ven anexos en *planeación pedidos.xls*

**ANÁLISIS ECONÓMICO (AHORROS PARA EL CONSTRUCTOR):**

La práctica más común en el pago de los materiales, es pagar el diez por ciento del valor total de la futura compra al empezar la obra para los materiales importantes, como los que se están estudiando, y apenas se tenga la liquidez para los demás materiales siguiendo en la importancia que tengan en la obra.

Esto se hace con el fin de comprar con el precio vigente en el momento del pago del anticipo, y principalmente con el fin de asegurar la cantidad necesaria de material en el momento del requerimiento.

Este material llega sin ninguna planeación, el pago del anticipo no necesariamente soluciona el problema de los faltantes y tampoco optimiza la cantidad de inventario promedio ya que no se acuerdan fechas de entrega, ni cantidades de pedido, sino lo que pueda ir entregando el proveedor en el momento del requerimiento.

Estos ahorros se van a medir de dos formas diferentes, por disminución de faltantes van a ser medidos los únicos ahorros medibles en este momento los que genera el modelo por este rubro, ya que con la política de negociación de los contratos futuros y su oportuna entrega no habrá en ningún momento un costo por faltante que se refleje en atrasos en la programación de la obra, esto quiere decir que los faltantes que se generen solo sucederán en el caso en que los rendimientos de la mano de obra sean mayores a los programados, y con los cuales se planearon los pedidos.

Los ahorros por reducción del inventario promedio (Mantenimiento de inventario) serán medidos con respecto a las obras ya construidas, es posible acercarse a lo sucedido en materia de inventario promedio, suponiendo que las entregas se hicieron a tiempo, siempre y cuando se tenga por lo menos la información de cómo se hicieron los pagos y cómo fue la política de cobro del proveedor (No siempre existe y no es confiable, pues en el registro pueden no estar algunos documentos).

Con respecto a los faltantes, no se puede llegar fácilmente a una conclusión de si se incurrió o no en el costo de este, pues los obreros resultan muchas veces aumentando sus rendimientos al tener una fuerte supervisión del residente de obra, o trabajan jornadas más largas si son subcontratados (Contratados por un contratista de la obra) y hay compromiso en la fecha de entrega.



**Ahorros por práctica de pago de anticipo**

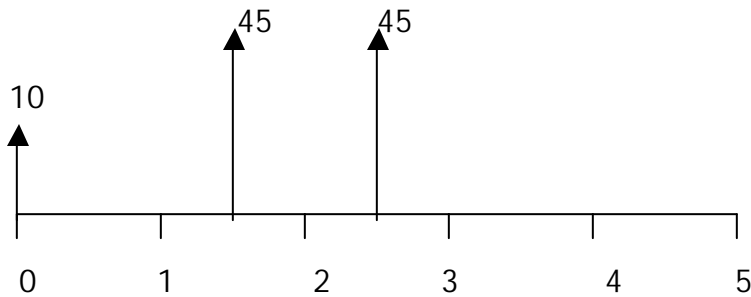
El costo financiero calculable sobre el valor del material, que se ahorraría con la nueva practica sería de la siguiente forma para las obras y materiales estudiados:

**Morgue de Cancerología****Estructuras en concreto**

Semanas en actividad : 3 - 10

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



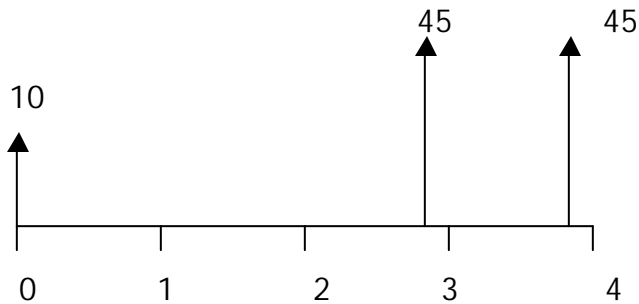
Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 1.21%

**Mampostería**

Semanas en actividad : 8 - 11

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 1.98%

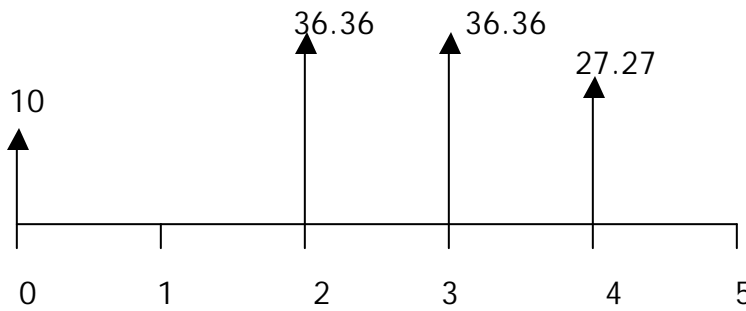
### Supermercado en la caseta feria popular Calle 17

#### Estructuras en concreto

Semanas en actividad : 5 - 14

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



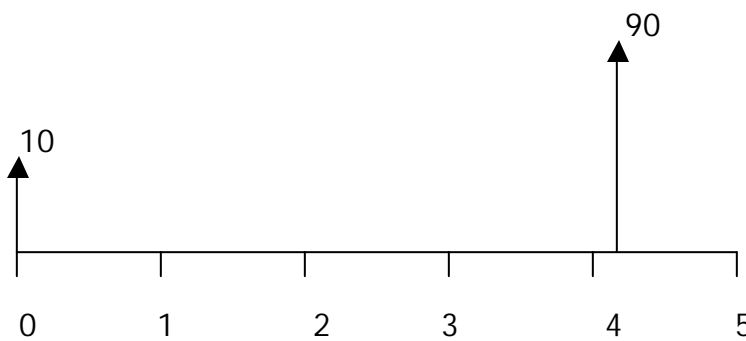
Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 1.87 %

#### Mampostería

Semanas en actividad : 15 - 17

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



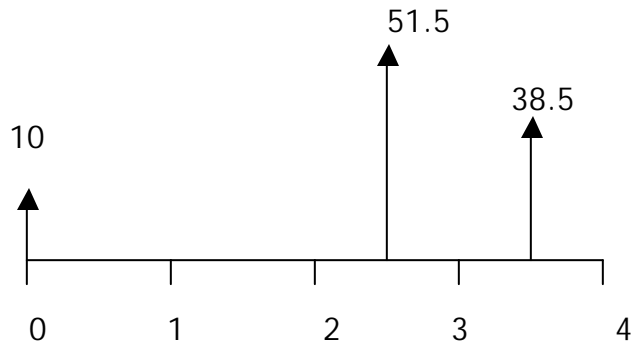
Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 2.92 %

**Sede Club FAC****Estructuras en concreto**

Semanas en actividad : 7 - 13

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



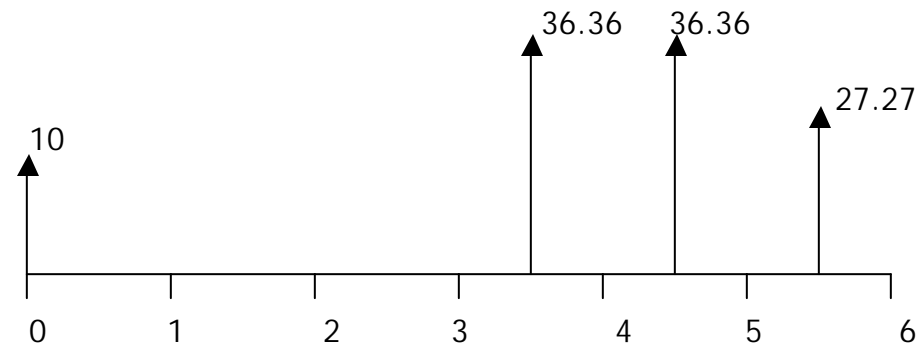
Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 2.22 %

**Mampostería**

Semanas en actividad : 11 - 21

Flujo de pagos de material ( % )

Periodo : mes



Costo financiero del anticipo sobre el valor del material : 3.34 %

**Promedio porcentual de ahorros : 2.26 %**

El ahorro por dejar la práctica de pago del anticipo sería de entre 2% y 2.5% del valor del material.

Esto es un muy buen resultado, pues si se muestra que se generarán mas ahorros no medibles, es posible tener una tarifa mucho mas alta que este 2.26%, por la consultoría de inventarios sobre el valor de los materiales planeados, incluyendo la consecución de proveedores y posibles comisiones sobre los ahorros generados si pueden ser medidos y validados con el cliente.

### **Ahorros por mantenimiento de inventarios y faltantes**

Los ahorros por mantenimiento de inventarios y faltantes que se pueden medir son muy pequeños en términos del costo del material, principalmente por la imposibilidad de haber hecho las mediciones en la obra en proceso, y estar dependiendo de información de los archivos, la cual no nos da ninguna información de los faltantes, pues no se sabe ciertamente que pudo pasar en los momentos en que se puede suponer no se ha estado construyendo y según la tasa de consumo del producto este se había agotado.

En cuanto al mantenimiento de inventarios, se pueden ver a continuación las mediciones que se pudieron hacer y son confiables, y las diferencias con sus valores en los modelos.

Entre ellas hay una variación muy significativa, pero con respecto al valor del material no son ni siquiera el 1%.

#### *Ahorros por mantenimiento de inventarios*

Material	Obra	Nuevo costo de mantenimiento inventario	de Costo de incurrido	Ahorro	Porcentaje de mejora
Concreto	FAC	\$ 83.372	\$ 145.892	\$ 62.520	43%
Hierro	Calle 17	\$ 46.150	\$ 84.587	\$ 38.437	45%
Concreto	Calle 17	\$ 66.958	\$ 84.846	\$ 17.888	21%
Ladrillo	Cancerología	\$ 9.806	\$ 82.500	\$ 72.694	88%
Concreto	Cancerología	\$ 61.159	\$ 90.750	\$ 29.591	33%
Hierro	Cancerología	\$ 42.837	\$ 51.123	\$ 8.286	16%

## ESTUDIO DE ATRASOS EN LA PROGRAMACIÓN:

A continuación se mostrará un estudio basado en simulación de atrasos en la programación como ejemplo de los ahorros no medibles, debido a que no se sabrán los costos incurridos en la obra hasta que esta no sea construida.

Para encontrar algún indicador de costos generados debido a los atrasos en la programación, se genera a continuación un estudio donde se analiza el costo generado por el atraso de las actividades precedentes a cada capítulo que incluye los materiales, en cada una de las obras.

Así pues, para cada una de las obras se generó por lo menos una variable aleatoria normal que generara atraso ( $>0.5$ ), se utilizó la distribución normal estándar debido a que se está simulando una cadena de actividades las cuales se distribuyen todas beta como lo explica el método PERT (El conjunto de actividades distribuidas beta conforman la totalidad de un proyecto, el cual se distribuye normal), cada conjunto de actividades precedentes recibe valor que simulará su atraso, con base a una pareja de variables aleatorias independientes con distribución uniforme. Así:

$$Z1 = \text{RAIZ} (-2 * \ln (U1)) * \text{sen}(2 * \text{PI} * U2)$$

$$Z2 = \text{RAIZ} (-2 * \ln (U2)) * \text{cos}(2 * \text{PI} * U1)$$

Una vez las demoras son hechos, la programación de obra por ende se atrasa, el plazo total de la obra es el mismo, el constructor se comprometió a entregarla terminada en un plazo establecido.

Por lo tanto la solución es mejorar los rendimientos de la mano de obra y equipos para descontarle tiempo a la programación y poder lograr la finalización de la obra en el plazo establecido.

Entonces el costo de estos atrasos se podrán calcular de acuerdo al costo de faltante por unidad que se había establecido para evaluar los modelos Q,R y S,T en la escogencia del modelo, pues este es el valor de la mano de obra y equipos para completar una unidad de cantidad de obra, el cual se deberá duplicar durante el mismo tiempo de atraso pero en las nuevas actividades.

Se puede recuperar el tiempo perdido de a pocos o rápidamente alcanzando la programación al final de estos capítulos de la obra (Estructuras y mampostería), de cualquier manera en el sobre costo se incurrirá, pues es un aumento en los costos, comparado con los presupuestados por el constructor en la propuesta.

Estos costos estarán dados por el costo de faltante de estos materiales durante el tiempo de atraso de las actividades precedentes. Este costo de faltante se refiere al costo de la mano de obra y equipo que se necesitarán de más para poder cumplir con las metas de programación.

Este costo se calculó así:

Costo = (demanda durante el periodo / duración del periodo) \* duración del atraso \* costo de faltante

Siempre teniendo en cuenta los tiempos en semanas y para cada uno de los materiales y cada una de las obras escogidas.

Para poder comparar estos costos unos con otros, se tradujeron a puntos porcentuales sobre el valor total del material.

A continuación se muestran los resultados de este estudio, y los costos en los que se incurre actualmente por la falta de planeación y control de la producción en el sector de la construcción.

#### **Morgue Cancerología**

Semilla 1 =	0,42	Z1 =	1,30680818	<b>Atraso</b>
Semilla 2 =	0,27	Z2 =	-0,16508636	Adelanto
Semilla 3 =	0,05	Z3 =	-1,67560634	Adelanto
Semilla 4 =	0,88	Z4 =	1,78432282	<b>Atraso</b>

Duración actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto : **2** Semanas

Error de pronóstico : 0,6832

N ( 4 , 1.3664 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 2,89281135

Tiempo de atraso (Semanas) : 0,89281135

Duración actividades precedentes al capítulo de Mampostería : **7** Semanas

Error de pronóstico : 2,3912

N ( 6 , 2.0496 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 11,2666727

Tiempo de atraso (Semanas) : 4,26667273

**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (Semanas)) \* tiempo de atraso (Semanas) \* p (Costo de faltante))

Costo por concreto = \$ 815.583

Costo por Hierro = \$ 115.708

**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Mampostería**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (Semanas)) \* tiempo de atraso (Semanas) \* p (Costo de faltante))

Costo por ladrillo = \$ 445.441

**Supermercado en la caseta feria popular Calle 17**

Semilla 1 =	0,26	Z1 =	-0,87950518	Adelanto
Semilla 2 =	0,91	Z2 =	1,38586361	<b>Atraso</b>
Semilla 3 =	0,22	Z3 =	0,53774733	Atraso
Semilla 4 =	0,05	Z4 =	1,6550176	<b>Atraso</b>

Duración actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto : **4** Semanas

Error de pronóstico : 1,3664

N ( 4 , 1.3664 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 5,89364403

Tiempo de atraso (Semanas) : 1,89364403

Duración actividades precedentes al capítulo de Mampostería : **14** Semanas

Error de pronóstico : 4,7824

N ( 8 , 2.7328 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 21,9149562

Tiempo de atraso (Semanas) : 7,91495619

**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (*Semanas*)) \* tiempo de atraso (*Semanas*) \* p (*Costo de faltante*))

Costo por concreto = \$ 1.346.381

Costo por Hierro = \$ 184.062

**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Mampostería**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (*Semanas*)) \* tiempo de atraso (*Semanas*) \* p (*Costo de faltante*))

Costo por ladrillo = \$ 5.100.398

**Sede Club FAC**

Semilla 1 =	0,94	Z1 =	-0,34555157	Adelanto
Semilla 2 =	0,78	Z2 =	0,065916	<b>Atraso</b>
Semilla 3 =	0,39	Z3 =	0,50518162	<b>Atraso</b>
Semilla 4 =	0,44	Z4 =	-1,27593441	Adelanto

Duración actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto : **6** Semanas

Error de pronóstico : 2,0496

N ( 6 , 2.0496 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 6,13510144

Tiempo de atraso (Semanas) : 0,13510144

Duración actividades precedentes al capítulo de Mampostería : **10** Semanas

Error de pronóstico : 3,416

N ( 10 , 3.416 )

Tiempo simulado en actividades (  $\mu + Z * \sigma$  ) = 11,7257004

Tiempo de atraso (Semanas) : 1,7257004



**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Estructuras en concreto**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (*Semanas*)) \* tiempo de atraso (*Semanas*) \* p (*Costo de faltante*))

Costo por concreto = \$ 799.319

**Costo por retraso de actividades precedentes al capítulo de Mampostería**

Costo ((  $\lambda$  / duración periodo (*Semanas*)) \* tiempo de atraso (*Semanas*) \* p (*Costo de faltante*))

Costo bloque e = 35 cm = \$ 457.506

Costo bloque e = 15 cm = \$ 768.827

**Resumen de resultados**

Morgue cancerología

<b>Material</b>	<b>Costo atraso</b>	<b>Costo de compra</b>	<b>Sobrecosto sobre el valor del material</b>
Ladrillo	\$ 445.441	\$ 2.363.268	18,85%
Concreto	\$ 815.583	\$ 44.124.827	1,85%
Hierro	\$ 115.708	\$ 22.452.480	0,52%
Promedio ponderado			<b>2,0%</b>

Supermercado en la caseta feria popular Calle 17

<b>Material</b>	<b>Costo atraso</b>	<b>Costo de compra</b>	<b>Sobrecosto sobre el valor del material</b>
Ladrillo	\$ 5.100.398	\$ 10.940.301	46,62%
Concreto	\$ 1.346.381	\$ 42.929.327	3,14%
Hierro	\$ 184.062	\$ 21.049.200	0,87%
Promedio ponderado			<b>8,9%</b>

Sede Club FAC

<b>Material</b>	<b>Costo atraso</b>	<b>Costo de compra</b>	<b>Sobrecosto sobre el valor del material</b>
Bloque e=35 cm	\$ 457.506	\$ 14.618.658	3,1%
Bloque e=15 cm	\$ 768.827	\$ 9.785.626	7,9%
Concreto	\$ 799.319	\$ 86.052.977	0,9%
Promedio ponderado			<b>1,8%</b>

Una vez vista la cantidad de dinero que se puede estar gastando en las obras, nadie lo sabe hasta que lo gasta, pues cada obra trae consigo diferentes especificaciones y condiciones de trabajo, se refuerza más la idea del mecanismo propuesto en el proyecto, los porcentajes ponderados son considerables, si tenemos en cuenta que es un porcentaje con base en el precio del material.

A Partir de este punto comenzaría la replaneación de los pedidos, siempre y cuando el proveedor esté dispuesto a cambiar las fechas de entrega sin transferir los pequeños costos de almacenamiento (Mantenimiento de inventario), y también si realmente vale la pena cambiar totalmente las condiciones del contrato por la diferencia en el costo, normalmente esto no será necesario, pues los tiempos de las actividades (Capítulos) en este tipo de obras no sobrepasan mas del 45% en obras pequeñas y 35% en algunas mas grandes, esto serán alrededor de máximo 13 o 14 semanas y por esta razón el tiempo entre pedido planeado inicialmente y replaneado va a ser muy poco, volviéndose mas engorroso y costoso renegociar con el proveedor que asumir los pequeños costos de mantenimiento de inventario por unos pocos días.

Así pues, ya podemos saber que por este ejercicio de la simulación podemos ahorrar alrededor de otro 2% a 4% del valor del material, sumado al ahorro por pago de anticipos y mantenimiento de inventarios, se puede estar cercano al 6% de ahorros medibles.

Se muestra así que el punto mas importante de coordinar la entrega de pedidos justo a tiempo con la planeación, se encuentra en el ahorro por

faltantes, que de la única forma en que se puede medir es cuando el retraso es inevitable porque ya sucedió.

**ESTRATEGIAS DE NEGOCIACIÓN:**

Pedir al constructor cliente, algún archivo de documentos de pago de materiales que pueda dar señas de las practicas que lleva a cabo.

Mostrar un estudio muy detallado de los costos en que está incurriendo y no debería, al comprar materiales de la forma en que lo está haciendo, y un rango de lo que gasta por falta de planeación de suministros (Faltantes y mantenimiento de inventarios).

Además de convencerlo que con la firma de los contratos futuros también asegura la disponibilidad de material sin pagar anticipos, y que la diferencia en precio es poquísima en este momento (Las alzas de materiales se hacen a través del año con bajas variaciones).

En cuanto a los ahorros que no son medibles por falta de información (Se planea en que costos se va a incurrir, pero los atrasos en programación no se presupuestan), así que se puede mostrar un estudio como el de atrasos de programación mostrado anteriormente con bajas variabilidades para convencer así al cliente con valores que no parezcan astronómicos y exagerados.

En cuanto a los proveedores, la estrategia de negociación es un poco mas complicada, pues el hecho por si solo de incurrir en esta nueva práctica no le genera ahorros.

Entonces el hecho está en mostrar que si bien no va a recibir los anticipos, podrá planear de forma muy exacta su producción, si masifica esta forma de negociación.

Y esto si le generará ahorros o mayores ingresos en casi todos los puntos de la producción, en transporte (Menos gasto en imprevistos), en personal (Turnos más cortos o más producción en el mismo tiempo), en venta perdida (Es mucho más predecible la demanda), mejor servicio al cliente y con esto fidelidad y aumento en ventas.

No es fácil romper con la forma actual de negociación de los materiales, especialmente por el escepticismo de los proveedores, pero una vez rota la barrera por uno de ellos en cada material, a los demás no le quedará otra opción que hacerlo también para poder vender, pues a nadie le interesará volver a los gastos extras.

Por definición, el precio de negociación de un contrato futuro debe ser el necesario para que el comprador del activo sea indiferente en comprarlo hoy

o en el momento futuro, esto quiere decir que todos los materiales que se negocien bajo estos contratos van a tener siempre un aumento constante en sus precios a través del tiempo, porque la diferencia entre el precio de venta hoy y el del contrato futuro es el costo de mantenimiento de inventario (Tasa de inversión fija a mediano plazo).

Existirá una curva ascendente que puede aprovechar el proveedor que tiene material en bodega sin vender, pues recuperará este costo en el que incurrió y podrá competir con este margen si es capaz de producir justo a tiempo sus pedidos hechos en contratos futuros.

**PUNTOS IMPORTANTES EN EL CONTRATO FUTURO:**

Dentro del contrato futuro que se firmará entre constructor y proveedor deben existir algunos puntos que son bastante importantes para el éxito de la política.

En este se comprometen ambas partes a cumplir con su misión comercial en este caso, el proveedor vender y el constructor comprar, de acuerdo a lo pactado en estos puntos.

De acuerdo a la planeación de suministros hecha en la consultoría de inventarios se contará con varios datos.

Q = Cantidad a ordenar

R = Cantidad de reorden

S = Inventario de seguridad

En el contrato se debe especificar la cantidad de pedido de cada abastecimiento, al igual que las fechas que se deben entregar los pedidos (De acuerdo al cálculo del tiempo de periodo  $Q/\Lambda$  )

También se debe especificar el precio del material, al igual que la forma de pago, contado, crédito 30 días; siempre teniendo como fecha de referencia para el pago según la política, la de entrega del material al constructor.

Se debe contar con una póliza de seriedad para cada una de las partes, que respalde cierto porcentaje del monto total del negocio, no es necesario que sea por todo el monto, pero si lo suficiente para darle la liquidez inmediata al constructor para comprar a otro proveedor o reconocer la utilidad del proveedor en el caso de que cualquiera de les incumpla el contrato.

Se deben autorizar personas de ambas partes (Por lo menos 2), que sean responsables de pedir y colocar un pedido futuro ante sus empresas y su contraparte, si una persona de cada una de las partes negocia y aprueba el contrato, este se da por hecho.

**CONCLUSIONES:**

Este trabajo deja al descubierto que en el sector de la construcción, en lo que se refiere a constructores de mediana capacidad de contratación existe un hueco muy importante en lo correspondiente a la planeación y control de la producción de obras civiles, haciendo referencia a las políticas de suministros y el cumplimiento de la programación por parte de los recursos contratados por los constructores (Mano de obra y equipos).

Existe una importante oportunidad de negocio para los ingenieros industriales en el sector de la construcción. Ya sea trabajando interna o externamente (Como esta propuesta) en empresas constructoras, en el área de planeación y control de la producción.

Se incurre en gastos y costos por la falta de esto y es un negocio rentable. ¿Será posible con planeación y control de la producción estirar estos márgenes de utilidad?

Según este estudio sí, y dependiendo la empresa, pueden llegar a ser bastante altos.

No es fácil romper con la forma actual de negociación de los materiales, especialmente por el escepticismo de los proveedores, pero una vez rota la barrera por uno de ellos en cada material, a los demás no le quedará otra opción que hacerlo también para poder vender, pues a ningún cliente (Constructor) le interesará volver a los gastos extras.

Fue posible desarrollar una solución tentativa, para la falta de planeación y control de las políticas de suministros en las obras civiles, enfocando las soluciones en ahorros monetarios y pensando también en el desarrollo eficiente de la producción de materiales, como la ventana y respiro para que los proveedores puedan mirar hacia adentro de sus plantas y se pueda aplicar también planeación y control en la producción de cada uno, para convertir a este sector de la economía en un motor mucho más importante para que pueda ser capaz de producir con eficiencia (Mejor velocidad), eficacia (Cumpliendo requerimientos técnicos) y con la efectividad de sus objetivos de producir más con menos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Probabilidad y estadística, Aplicaciones y métodos, George C. Canavos, Editorial Mc Graw Hill, México D.F. , 1988.

Control integral de la edificación, Germán Puyana, ESCALA Fondo editorial, Bogota, 1982.

Análisis de la producción y las operaciones, Steven Nahmias, Compañía editorial continental S.A. , México D.F. , 1999.

Planeación y control de la producción, Daniel Sipper, Robert Bulfin Jr, Editorial Mc Graw Hill, México D.F. , 1998.

Futures and options markets, John Hull, Prentice-Hall Inc., México D.F. , 1998



**ANEXOS**

# COMPRAS OBRA CALLE 17

## Calle 17

Hierro	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 13.354.843	10/01/2002	\$ 11.301.397	\$ 12.468.786	7
	\$ 1.167.389	17/01/2002	\$ 8.068.543	\$ 9.968.797	15
	\$ 1.900.254	01/02/2002	\$ 8.795.399	\$ 9.031.749	4
	\$ 236.350	05/02/2002	\$ 0	\$ 1.636.458	31
	\$ 1.636.458	10/04/2002	\$ 1.343.109	\$ 3.582.280	1
	\$ 2.239.171	11/04/2002	\$ 0	\$ 0	12

Duración actividades 70 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 293.350

Costo de compra \$ 20.534.465  
Costo mantenimiento inv **\$ 84.587**      **\$ 70.999**      **\$ 13.589**

---

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

**Calle 17**

<b>Concreto</b>	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 15.341.105	10/04/2002	\$ 3.853.791	\$ 9.440.069	26
	\$ 5.586.278	06/05/2002	\$ 0	\$ 10.000.000	22
	\$ 10.000.000	28/06/2002	\$ 0		23

Duración actividades 70 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 441.820

Compra \$ 30.927.383  
Costo mantenimiento inv **\$ 84.846**      **\$ 30.060**      **\$ 54.786**

---

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

**Calle 17**

**Ladrillo prensado macizo**

Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
\$ 3.897.400	23/04/2002	\$ 2.856.981	\$ 7.238.981	2
\$ 4.382.000	25/04/2002	\$ 5.158.143	\$ 7.803.143	4
\$ 2.645.000	29/04/2002	\$ 0	\$ 0	15

Duración actividades 21 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 520.210

Compra \$ 10.924.400  
Costo mantenimiento inv **\$ 9.219      \$ 7.904      \$ 1.315**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

# COMPRAS OBRA CANCEROLOGÍA

## Cancerología

Hierro	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 2.000.000	02/08/2000	\$ 0	\$ 10.000.000	5
	\$ 10.000.000	29/08/2000	\$ 3.576.752	\$ 13.576.752	16
	\$ 10.000.000	14/09/2000	\$ 0	\$ 481.368	34
	\$ 481.368	25/10/2000	\$ 0		2

Duración actividades 56 Días

Tasa de consumo diaria \$ 401.453

Compra \$ 22.481.368

Mantenimiento inv **\$ 51.123**      **\$ 17.168**      **\$ 33.955**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

## Cancerología

Concreto	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 6.000.000	31/08/2000	\$ 0	\$ 7.000.000	8
	\$ 7.000.000	11/09/2000	\$ 0	\$ 10.000.000	9
	\$ 10.000.000	02/10/2000	\$ 7.642.857	\$ 15.642.857	3
	\$ 8.000.000	05/10/2000	\$ 6.214.286	\$ 14.214.286	12
	\$ 8.000.000	17/10/2000	\$ 9.500.000	\$ 14.500.000	6
	\$ 5.000.000	23/10/2000	\$ 0	\$ 0	19

Duración actividades 56 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 785.714

Compra \$ 44.000.000  
Mantenimiento inv **\$ 90.750**      **\$ 46.350**      **\$ 44.400**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

## Cancerología

<b>Ladrillo prensado macizo</b>	Cantidad (\$)	Fecha de pago
	\$ 2.310.000	18/10/2000

Duración actividades	28 Días
Tasa de consumo diaria	<b><u>\$ 82.500</u></b>

Mantenimiento inv	346,50
-------------------	--------

Tasa diaria de mantenimiento de inventario	0,03%
--	-------

# COMPRAS OBRA FAC

## FAC

Hierro	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 250.000	12/07/1999	\$ 0	\$ 300.000	2
	\$ 300.000	22/07/1999	\$ 0	\$ 2.940.413	2
	\$ 2.940.413	28/09/1999	\$ 2.578.148	\$ 3.889.330	2
	\$ 1.311.182	30/09/1999	\$ 0	\$ 1.203.270	22
	\$ 1.203.270	30/11/1999	\$ 0	\$ 2.346.731	7
	\$ 2.346.731	27/12/1999	\$ 0	\$ 692.886	13
	\$ 692.886	13/01/2000	\$ 0	\$ 338.445	4
	\$ 338.445	04/02/2000	\$ 0	\$ 1.010.486	2
	\$ 1.010.486	22/02/2000	\$ 0	\$ 0	6

Duración actividades 56 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 181.132

Compra \$ 10.143.413  
Mantenimiento inv **\$ 11.205**      **\$ 1.547**      **\$ 9.658**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%



**FAC**

<b>Concreto</b>	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 40.000.000	09/09/1999	\$ 24.573.503	\$ 39.573.503	12
	\$ 15.000.000	21/09/1999	\$ 0	\$ 5.000.000	31
	\$ 5.000.000	09/11/1999	\$ 0	\$ 4.000.000	4
	\$ 4.000.000	06/12/1999	\$ 0	\$ 4.877.820	4
	\$ 4.877.820	14/01/2000	\$ 0	\$ 3.000.000	4
	\$ 3.000.000	15/02/2000	\$ 0	\$ 112.500	3
	\$ 112.500	21/02/2000	\$ 0	\$ 0	1

Duración actividades 56 Días

Tasa de consumo diaria \$ 1.285.541

Compra \$ 71.990.320

Mantenimiento inv **\$ 145.892**      **\$ 88.465**      **\$ 57.427**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

**FAC**

<b>Ladrillo tolete</b>	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 509.250	10/09/1999	\$ 0	\$ 315.000	6
	\$ 315.000	28/09/1999	\$ 0	\$ 509.250	6
	\$ 509.250	11/11/1999	\$ 0	\$ 407.400	9
	\$ 407.400	24/11/1999	\$ 0	\$ 407.400	8
	\$ 407.400	11/01/2000	\$ 0	\$ 855.000	8
	\$ 855.000	14/03/2000	\$ 0	\$ 175.000	16
	\$ 175.000	15/08/2000	\$ 0		4

Duración actividades 56 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 56.755

Compra \$ 3.178.300  
Mantenimiento inv **\$ 1.292** **\$ 0** **\$ 1.292**

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

**FAC**

<b>Bloque 5</b>	Cantidad (\$)	Fecha de pago	Acumulado hasta nueva llegada	Acumulado con nueva llegada	Días de operación
	\$ 297.000	06/07/1999	\$ 0	\$ 3.265.000	5
	\$ 3.265.000	17/01/2000	\$ 0	\$ 170.000	49
	\$ 170.000	14/03/2000	\$ 0	\$ 0	3

Duración actividades 56 Días  
Tasa de consumo diaria \$ 66.643

Compra \$ 3.732.000  
Mantenimiento inv **\$ 3.698**      **\$ 0**      **\$ 3.698**

---

Tasa diaria de mantenimiento de inventario 0,03%

# EOQ Tesis

## Modelo EOQ

Material	Costo de ordenar	Costo de mantener inventario	Costo de comprar	Costo Total
Bloque Orito	48.938	49.183	25.336.248	25.434.370
Hierro 37 Orito	44.885	44.885	13.254.447	13.344.218
Hierro 60 Orito	50.544	50.544	16.807.357	16.908.446
Concreto Orito	116.953	116.953	89.987.092	90.220.998
Bloque 35 cm FAC	38.922	39.249	14.618.658	14.696.829
Bloque 15 cm FAC	31.927	32.029	9.785.626	9.849.582
Concreto FAC	75.647	75.647	86.052.977	86.204.272
Concreto Puerto Guzman	115.667	115.667	88.018.814	88.250.148
Hierro 37 Puerto Guzman	58.976	58.976	22.882.819	23.000.772
Hierro 60 Puerto Guzman	66.232	66.232	28.859.328	28.991.791
Tolete Puerto Guzman	59.156	59.611	46.399.589	46.518.356

**Bloque Club FAC e= 35 cm**

**Modelo Q,R**

Demanda diaria	10,91
Error pronóstico diario	1,091
$\lambda$ = Demanda periodo	720,06 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,015151515 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	10,91 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	1,091 un
c	20302 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	424,3118 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 11  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	185	185	185	185	185
$Qh/(p\lambda)$	0,026917401	0,0269174	0,026917401	0,0269174	0,0269174
$1-Qh/(p\lambda)$	0,973082599	0,9730826	0,973082599	0,9730826	0,9730826
R	13,01362818	13,0136282	13,01362818	13,0136282	13,0136282
$R-\mu$	2,103628176	2,10362818	2,103628176	2,10362818	2,10362818
$k = (R - \mu)/\sigma$	1,928165148	1,92816515	1,928165148	1,92816515	1,92816515
$s = k\sigma$	3	3	3	3	3
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	14	14	14	14	14
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,832263978	2,83226398	2,832263978	2,83226398	2,83226398
L(z) (Parr)	0,000704213	0,00070421	0,000704213	0,00070421	0,00070421
L(z) (exacto)	0,000682468	0,00068247	0,000682468	0,00068247	0,00068247
$n(R)=\sigma L(z)$	0,000744573	0,00074457	0,000744573	0,00074457	0,00074457

Q	185	92,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	1,928165148	
s	3	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	14	
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,832263978	
L(z) (Parr)	0,000704213	
n(R)	0,000768296	
costo de ordenar	\$ 38.922	Ordenar \$ 3.892
costo de mantener inv	\$ 40.522	mantener inventario \$ 4.052
costo de faltantes	\$ 12	Faltantes \$ 1
costo de comprar	\$ 14.618.658	Compra \$ 1.461.866
costo total	\$ 14.698.114	Total \$ 1.469.811
nivel servicio(tipo2)	0,999995847	
Rotación	7,539895288	
nivel servicio(tipo1)	0,997688953	

Los valores óptimos en el modelo Q, R ( Q ; R ) = 185 14  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,8%

**Bloque Club FAC e= 15 cm**

**Modelo Q,R**

Demanda diaria	18,334
Error pronóstico diario	1,8334
$\lambda$ = Demanda periodo	1210,044 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,015151515 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	18,334 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	1,8334 un
c	8087 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	169,0183 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 11  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	379	379	379	379	379
$Qh/(p\lambda)$	0,013071239	0,01307124	0,013071239	0,01307124	0,01307124
$1-Qh/(p\lambda)$	0,986928761	0,98692876	0,986928761	0,98692876	0,98692876
R	22,41164191	22,4116419	22,41164191	22,4116419	22,4116419
$R-\mu$	4,07764191	4,07764191	4,07764191	4,07764191	4,07764191
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,224087439	2,22408744	2,224087439	2,22408744	2,22408744
$s = k\sigma$	5	5	5	5	5
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	24	24	24	24	24
$z = (R-\mu)/\sigma$	3,090433075	3,09043308	3,090433075	3,09043308	3,09043308
L(z) (Parr)	0,000294155	0,00029416	0,000294155	0,00029416	0,00029416
L(z) (exacto)	0,000276446	0,00027645	0,000276446	0,00027645	0,00027645
$n(R)=\sigma L(z)$	0,000506836	0,00050684	0,000506836	0,00050684	0,00050684

Q	379	189,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,224087439	
s	5	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	24	
$z = (R-\mu)/\sigma$	3,090433075	
L(z) (Parr)	0,000294155	
n(R)	0,000539304	
costo de ordenar	\$ 31.927	Ordenar \$ 3.193
costo de mantener inv	\$ 32.874	mantener inventario \$ 3.287
costo de faltantes	\$ 7	Faltantes \$ 1
costo de comprar	\$ 9.785.626	Compra \$ 978.563
costo total	\$ 9.850.434	Total \$ 985.043
nivel servicio(tipo2)	0,999998577	
Rotación	6,221305913	
nivel servicio(tipo1)	0,999000608	

Los valores óptimos en el modelo Q, R **( Q ; R ) = 379 24**  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,9%

# Concreto Club FAC

# Modelo Q,R

Demanda diaria	5,9762
Error pronóstico diario	0,59762
$\lambda$ = Demanda periodo	251,0004 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,023809524 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	5,9762 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,59762 un
c	342840 \$/un
v	55000 \$/un faltante
h	4559,772 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	165000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) =  
Unidad = M3

7

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	33,18032541	33,3633709	33,36447671	33,3644984	33,36449845
Qh/(p $\lambda$ )	0,003653132	0,00367329	0,003673407	0,00367341	0,00367341
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,996346868	0,99632671	0,996326593	0,99632659	0,99632659
R	7,579359164	7,57825036	7,578228617	7,57822862	7,578228617
R- $\mu$	1,603159164	1,60205036	1,602028617	1,60202862	1,602028617
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,682572813	2,68071744	2,680681064	2,68068106	2,680681064
s = k $\sigma$	1,603159164	1,60205036	1,602028617	1,60202862	1,602028617
R(corr) = [ $\mu$ + s]	7,579359164	7,57825036	7,578228617	7,57822862	7,578228617
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,682572813	2,68071744	2,680681064	2,68068106	2,680681064
L(z) (Parr)	0,001142137	0,00114888	0,001149016	0,00114902	0,001149016
L(z) (exacto)	0,001122007	0,0011288	0,001128938	0,00112894	0,001128938
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,000670534	0,0006746	0,000674676	0,00067468	0,000674676

Q	33,36449845	16,68224922 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,680681064	
s	1,602028617	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	7,578228617	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,680681064	
L(z) (Parr)	0,001149016	
n(R)	0,000686675	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 75.230	Ordenar	\$ 7.523
costo de mantener inv	\$ 83.372	mantener inventario	\$ 8.337
costo de faltantes	\$ 852	Faltantes	\$ 85
costo de comprar	\$ 86.052.977	Compra	\$ 8.605.298
costo total	\$ 86.212.431	Total	\$ 8.621.243
nivel servicio(tipo2)	0,999979419		
Rotación	13,72766276		
nivel servicio(tipo1)	0,996326328		

Los valores óptimos en el modelo Q, R  
El nivel de servicio con esta política es de

99,63%

**(Q,R) = 33,3644984 7,578228617**

# Hierro Obra Calle 17

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,18	Periodo (Semanas) =	10
Error pronóstico diario	0,018	Unidad =	Tonelada
$\lambda$ = Demanda periodo	10,8 un/periodo		
Lead Time	1 día		
$\tau$	0,016666667 periodos		
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,18 un		
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,018 un		
c	1949000 \$/un		
v	30000 \$/un faltante		
h	37031 \$/(unxperiodo)		
f	3 (Factor)		
p	90000 \$/un		
K	10000 \$		
$k_{min}$	0		

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	2,415150258	2,423516599	2,423551245	2,42355137	2,42355137
Qh/(p $\lambda$ )	0,092011758	0,092330497	0,092331817	0,09233182	0,09233182
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,907988242	0,907669503	0,907668183	0,90766818	0,90766818
R	0,203912407	0,203877701	0,203877578	0,20387758	0,20387758
R- $\mu$	0,023912407	0,023877701	0,023877578	0,02387758	0,02387758
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,328467079	1,32653895	1,326532129	1,32653213	1,32653213
s = k $\sigma$	0,023912407	0,023877701	0,023877578	0,02387758	0,02387758
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,203912407	0,203877701	0,203877578	0,20387758	0,20387758
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,328467079	1,32653895	1,326532129	1,32653213	1,32653213
L(z) (Parr)	0,042686994	0,042866167	0,042866802	0,0428668	0,0428668
L(z) (exacto)	0,042840835	0,043018553	0,043019182	0,04301918	0,04301918
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,000771135	0,000774334	0,000774345	0,00077435	0,00077435

Q	2,423551368	1,211775684 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,326532129	
s	0,023877578	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,203877578	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,326532129	
L(z) (Parr)	0,042866802	
n(R)	0,000771602	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 44.563	Ordenar	\$ 4.456
costo de mantener inv	\$ 45.757	mantener inventario	\$ 4.576
costo de faltantes	\$ 309	Faltantes	\$ 31
costo de comprar	\$ 21.049.200	Compra	\$ 2.104.920
costo total	\$ 21.139.830	Total	\$ 2.113.983
nivel servicio(tipo2)	0,999681623		
Rotación	8,740316018		
nivel servicio(tipo1)	0,907668187		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 2,42355137 0,20387758**  
 El nivel de servicio con esta política es de 90,77%



# Hierro Obra Calle 17

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,18
Error pronóstico diario	0,018
$\lambda$ = Demanda periodo	10,8 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,016666667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,18 un
$\sigma$ =Error del pronóstico duran	0,018 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	37031 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 10  
 Unidad = Tonelada

a	90,00%	95,00%	97,00%	97,50%	98,00%	99,00%
R'	0,203067914	0,20960735	0,21385421	0,2152793	0,21696747	0,22187415
R''=max(R',m+s $k_{min}$ )	0,203067914	0,20960735	0,21385421	0,2152793	0,21696747	0,22187415
R	0,203067914	0,20960735	0,21385421	<b>0,2152793</b>	0,21696747	0,22187415
z=k = (R - m)/s	1,281550794	1,644853	1,88078957	1,95996108	2,05374818	2,32634193
L(z) (Parr)	0,04723013	0,02068337	0,0114821	0,00933776	0,0072658	0,0033771
L(z) (exacto)	0,047343168	0,02089302	0,01161839	0,00944618	0,00734331	0,00338878
n(R)=sL(z)	0,000852177	0,00037607	0,00020913	0,00017003	0,00013218	6,0998E-05
s=ks	0,023067914	0,02960735	0,03385421	<b>0,0352793</b>	0,03696747	0,04187415
F(R)	0,899999799	0,94999995	0,96999979	0,9749999	0,98000003	0,98999986
Q'	2,423687046	2,42268345	2,4221313	2,42196106	2,42176829	2,42125768
Q	2,423687046	2,42268345	2,4221313	<b>2,42196106</b>	2,42176829	2,42125768
<b>Costo total</b>	21139831,97	21139883,1	21139973,4	<b>21140010,4</b>	21140057,8	21140210,8
<b>Costo manejo inventario</b>	45730,00543	45953,5853	46100,6275	46150,2477	46209,1931	46381,4384
<b>Costo faltante</b>	341,7586756	150,884016	83,9241449	68,2382413	53,0515513	24,4872923
<b>Costo de ordenar</b>	44560,20846	44578,6675	44588,8296	44591,9639	44595,5133	44604,9179
<b>Costo de comprar</b>	21049200	21049200	21049200	21049200	21049200	21049200

Entonces:

Cumpliendo con el nivel de servicio requerido, la política mas barata es con ( Q , R ) = 2,42196106 0,2152793

El costo anual es casi el óptimo, con la cual se sabe que es una de las mejores políticas, con un alto nivel de servicio.

**Costo total = 21140010,4**

# Hierro Obra Calle 17

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,18
Error pronóstico diario	0,018
$\lambda$ = Demanda periodo	10,8 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,016666667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,18 un
$\sigma$ =Error del pronóstico duran	0,018 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	37031 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 10  
 Unidad = Tonelada

a	90,00%	95,00%	97,00%	97,50%	98,00%	99,00%
R'	0,203067914	0,20960735	0,21385421	0,2152793	0,21696747	0,22187415
R''=max(R',m+s $k_{min}$ )	0,203067914	0,20960735	0,21385421	0,2152793	0,21696747	0,22187415
R	0,203067914	0,20960735	0,21385421	<b>0,2152793</b>	0,21696747	0,22187415
z=k = (R - m)/s	1,281550794	1,644853	1,88078957	1,95996108	2,05374818	2,32634193
L(z) (Parr)	0,04723013	0,02068337	0,0114821	0,00933776	0,0072658	0,0033771
L(z) (exacto)	0,047343168	0,02089302	0,01161839	0,00944618	0,00734331	0,00338878
n(R)=sL(z)	0,000852177	0,00037607	0,00020913	0,00017003	0,00013218	6,0998E-05
s=ks	0,023067914	0,02960735	0,03385421	<b>0,0352793</b>	0,03696747	0,04187415
F(R)	0,899999799	0,94999995	0,96999979	0,9749999	0,98000003	0,98999986
Q'	2,423687046	2,42268345	2,4221313	2,42196106	2,42176829	2,42125768
Q	2,423687046	2,42268345	2,4221313	<b>2,42196106</b>	2,42176829	2,42125768
<b>Costo total</b>	21139831,97	21139883,1	21139973,4	<b>21140010,4</b>	21140057,8	21140210,8
<b>Costo manejo inventario</b>	45730,00543	45953,5853	46100,6275	46150,2477	46209,1931	46381,4384
<b>Costo faltante</b>	341,7586756	150,884016	83,9241449	68,2382413	53,0515513	24,4872923
<b>Costo de ordenar</b>	44560,20846	44578,6675	44588,8296	44591,9639	44595,5133	44604,9179
<b>Costo de comprar</b>	21049200	21049200	21049200	21049200	21049200	21049200

Entonces:

Cumpliendo con el nivel de servicio requerido, la política mas barata es con ( Q , R ) = 2,42196106 0,2152793

El costo anual es casi el óptimo, con la cual se sabe que es una de las mejores políticas, con un alto nivel de servicio.

**Costo total = 21140010,4**

# Concreto Obra Calle 17

# Modelo Q,R

Demanda diaria	1,58
Error pronóstico diario	0,158
$\lambda$ = Demanda periodo	94,8 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,016666667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	1,58 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,158 un
c	452841 \$/un
v	25000 \$/un faltante
h	8603,979 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	75000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 10  
 Unidad = M3

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	14,84463404	14,9017715	14,90201822	14,9020197	14,9020197
Qh/(p $\lambda$ )	0,017963842	0,01803299	0,018033284	0,01803329	0,01803329
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,982036158	0,98196701	0,981966716	0,98196671	0,98196671
R	1,911444426	1,91119726	1,911195824	1,91119582	1,91119582
R- $\mu$	0,331444426	0,33119726	0,331195824	0,33119582	0,33119582
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,09774953	2,0961852	2,096176104	2,0961761	2,0961761
s = k $\sigma$	0,331444426	0,33119726	0,331195824	0,33119582	0,33119582
R(corr) = [ $\mu$ + s]	1,911444426	1,91119726	1,911195824	1,91119582	1,91119582
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,09774953	2,0961852	2,096176104	2,0961761	2,0961761
L(z) (Parr)	0,006444511	0,00647221	0,006472372	0,00647237	0,00647237
L(z) (exacto)	0,006508761	0,00653692	0,00653708	0,00653708	0,00653708
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,001028384	0,00103283	0,001032859	0,00103286	0,00103286

Q 14,90201966 7,451009829 Q/2

k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,096176104
s	0,331195824
R(corr) = [ $\mu$ + s]	1,911195824
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,096176104
L(z) (Parr)	0,006472372
n(R)	0,001022635
costo de ordenar	\$ 63.616
costo de mantener inv	\$ 66.958
costo de faltantes	\$ 488
costo de comprar	\$ 42.929.327
costo total	\$ 43.060.388
nivel servicio(tipo2)	0,999931376
Rotación	12,18163644
nivel servicio(tipo1)	0,981966778

### Costo semanal

Ordenar	\$ 6.362
mantener inventario	\$ 6.696
Faltantes	\$ 49
Compra	\$ 4.292.933
Total	\$ 4.306.039

Los valores óptimos en el modelo Q, R  
 El nivel de servicio con esta política es de

98,20%

**(Q,R) = 14,9020197 1,91119582**

# Ladrillo Obra Calle 17

# Modelo Q,R

Demanda diaria	17,9
Error pronóstico diario	1,79
$\lambda$ = Demanda periodo	322,2 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,055555556 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	17,9 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	1,79 un
c	33955 \$/un
v	2000 \$/un faltante
h	193,5435 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	6000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 3  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	183	183	183	183	183
$Qh/(p\lambda)$	0,018321157	0,018321157	0,018321157	0,01832116	0,01832116
$1-Qh/(p\lambda)$	0,981678843	0,981678843	0,981678843	0,98167884	0,98167884
R	21,64061274	21,64061274	21,64061274	21,6406127	21,6406127
$R-\mu$	3,740612738	3,740612738	3,740612738	3,74061274	3,74061274
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,089727786	2,089727786	2,089727786	2,08972779	2,08972779
$s = k\sigma$	4	4	4	4	4
$R(corr) = [\mu + s]$	22	22	22	22	22
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,290502793	2,290502793	2,290502793	2,29050279	2,29050279
L(z) (Parr)	0,003746746	0,003746746	0,003746746	0,00374675	0,00374675
L(z) (exacto)	0,003764792	0,003764792	0,003764792	0,00376479	0,00376479
$n(R)=\sigma L(z)$	0,006738977	0,006738977	0,006738977	0,00673898	0,00673898

Q	183	91,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,089727786	
s	4	
$R(corr) = [\mu + s]$	22	
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,290502793	
L(z) (Parr)	0,003746746	
n(R)	0,006706676	
costo de ordenar	\$ 17.607	<b>Costo semanal</b>
costo de mantener inv	\$ 18.483	Ordenar \$ 1.761
costo de faltantes	\$ 71	mantener inventario \$ 1.848
costo de comprar	\$ 10.940.301	Faltantes \$ 7
costo total	\$ 10.976.462	Compra \$ 1.094.030
nivel servicio(tipo2)	0,999963351	Total \$ 1.097.646
Rotación	3,37382199	
nivel servicio(tipo1)	0,989003938	

Los valores óptimos en el modelo Q, R ( Q ; R ) = 183 22  
 El nivel de servicio con esta política es de 98,9%

# Hierro Obra Cancerología

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,24
Error pronóstico diario	0,024
$\lambda$ = Demanda periodo	11,52 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,020833333 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,24 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,024 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	29624,8 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 8  
 Unidad = Tonelada

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	2,788775304	2,799624275	2,799674272	2,79967449	2,79967449
Qh/(pλ)	0,07968452	0,079994511	0,07999594	0,07999595	0,07999595
1-Qh/(pλ)	0,92031548	0,920005489	0,92000406	0,92000405	0,92000405
R	0,27377274	0,273722645	0,273722426	0,27372243	0,27372243
R-μ	0,03377274	0,033722645	0,033722426	0,03372243	0,03372243
k = (R - μ)/σ	1,407197487	1,405110197	1,405101102	1,4051011	1,4051011
s = kσ	0,03377274	0,033722645	0,033722426	0,03372243	0,03372243
R(corr) = [μ + s]	0,27377274	0,273722645	0,273722426	0,27372243	0,27372243
z = (R-μ)/σ	1,407197487	1,405110197	1,405101102	1,4051011	1,4051011
L(z) (Parr)	0,035892003	0,036059499	0,03606023	0,03606023	0,03606023
L(z) (exacto)	0,036090692	0,036257339	0,036258066	0,03625807	0,03625807
n(R)=σL(z)	0,000866177	0,000870176	0,000870194	0,00087019	0,00087019

Q	2,79967449	1,399837245 Q/2
k = (R - μ)/σ	1,405101102	
s	0,033722426	
R(corr) = [μ + s]	0,273722426	
z = (R-μ)/σ	1,405101102	
L(z) (Parr)	0,03606023	
n(R)	0,000865446	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 41.148	Ordenar	\$ 4.115
costo de mantener inv	\$ 42.469	mantener inventario	\$ 4.247
costo de faltantes	\$ 320	Faltantes	\$ 32
costo de comprar	\$ 22.452.480	Compra	\$ 2.245.248
costo total	\$ 22.536.417	Total	\$ 2.253.642
nivel servicio(tipo2)	0,999690876		
Rotación	8,035940344		
nivel servicio(tipo1)	0,920004341		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 2,79967449 0,27372243**  
 El nivel de servicio con esta política es de 92,00%

## Hierro Obra Cancerología

## Modelo Q,R

Demanda diaria	0,24
Error pronóstico diario	0,024
$\lambda$ = Demanda periodo	11,52 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,020833333 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,24 un
$\sigma$ =Error del pronóstico duran	0,024 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	29624,8 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 8  
Unidad = Tonelada

a	90,00%	95,00%	97,00%	97,50%	98,00%	99,00%
R'	0,270757219	0,27947647	0,28513895	0,28703907	0,28928996	0,29583221
R''=max(R',m+s $k_{min}$ )	0,270757219	0,27947647	0,28513895	0,28703907	0,28928996	0,29583221
R	0,270757219	0,27947647	0,28513895	<b>0,28703907</b>	0,28928996	0,29583221
z=k = (R - m)/s	1,281550794	1,644853	1,88078957	1,95996108	2,05374818	2,32634193
L(z) (Parr)	0,04723013	0,02068337	0,0114821	0,00933776	0,0072658	0,0033771
L(z) (exacto)	0,047343168	0,02089302	0,01161839	0,00944618	0,00734331	0,00338878
n(R)=sL(z)	0,001136236	0,00050143	0,00027884	0,00022671	0,00017624	8,1331E-05
s=ks	0,030757219	0,03947647	0,04513895	<b>0,04703907</b>	0,04928996	0,05583221
F(R)	0,899999799	0,94999995	0,96999979	0,9749999	0,98000003	0,98999986
Q'	2,800160788	2,79882197	2,79808544	2,79785834	2,79760121	2,79692012
Q	2,800160788	2,79882197	2,79808544	<b>2,79785834</b>	2,79760121	2,79692012
<b>Costo total</b>	22536429,48	22536452,7	22536537,9	<b>22536574,9</b>	22536622,8	22536781,4
<b>Costo manejo inventario</b>	42388,27812	42626,7532	42783,5931	42836,5199	42899,3933	43083,1175
<b>Costo faltante</b>	420,7078156	185,751399	103,321594	84,0111093	65,3149095	30,1487405
<b>Costo de ordenar</b>	41140,49468	41160,1742	41171,0087	41174,3505	41178,1349	41188,1624
<b>Costo de comprar</b>	22452480	22452480	22452480	22452480	22452480	22452480

Entonces:

Cumpliendo con el nivel de servicio requerido, la política mas barata es con ( Q , R ) = 2,79785834 0,28703907

El costo anual es casi el óptimo, con la cual se sabe que es una de las mejores políticas, con un alto nivel de servicio.

**Costo total = 22536574,9**

# Concreto Obra Cancerología

# Modelo Q,R

Demanda diaria	2,03
Error pronóstico diario	0,203
$\lambda$ = Demanda periodo	97,44 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,020833333 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	2,03 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,203 un
c	452841 \$/un
v	25000 \$/un faltante
h	6883,1832 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	75000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 8  
 Unidad = M3

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	16,8263133	16,8986122	16,89896042	16,8989604	16,8989604
Qh/(p $\lambda$ )	0,015848193	0,01591629	0,015916617	0,01591662	0,01591662
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,984151807	0,98408371	0,984083383	0,98408338	0,98408338
R	2,46608813	2,46573918	2,465739184	2,46573918	2,46573918
R- $\mu$	0,43608813	0,43573918	0,435739184	0,43573918	0,43573918
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,148217391	2,14649845	2,146498446	2,14649845	2,14649845
s = k $\sigma$	0,43608813	0,43573918	0,435739184	0,43573918	0,43573918
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,46608813	2,46573918	2,465739184	2,46573918	2,46573918
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,148217391	2,14649845	2,146498446	2,14649845	2,14649845
L(z) (Parr)	0,005606275	0,00563312	0,005633121	0,00563312	0,00563312
L(z) (exacto)	0,005656496	0,0056838	0,005683798	0,0056838	0,0056838
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,001148269	0,00115381	0,001153811	0,00115381	0,00115381

Q	16,89896042	8,449480209 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,146498446	
s	0,435739184	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,465739184	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,146498446	
L(z) (Parr)	0,005633121	
n(R)	0,001143523	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 57.660	Ordenar	\$ 5.766
costo de mantener inv	\$ 61.159	mantener inventario	\$ 6.116
costo de faltantes	\$ 495	Faltantes	\$ 49
costo de comprar	\$ 44.124.827	Compra	\$ 4.412.483
costo total	\$ 44.244.141	Total	\$ 4.424.414
nivel servicio(tipo2)	0,999932332		
Rotación	10,96652718		
nivel servicio(tipo1)	0,984083441		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 16,8989604 2,46573918**  
 El nivel de servicio con esta política es de 98,41%

# Ladrillo Obra Cancerología

# Modelo Q,R

Demanda diaria	2,9
Error pronóstico diario	0,29
$\lambda$ = Demanda periodo	69,6 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,041666667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	2,9 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,29 un
c	33955 \$/un
v	2000 \$/un faltante
h	258,058 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	6000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 4  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	74	74	74	74	74
Qh/(p $\lambda$ )	0,045728669	0,045728669	0,045728669	0,04572867	0,04572867
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,954271331	0,954271331	0,954271331	0,95427133	0,95427133
R	3,38944994	3,38944994	3,38944994	3,38944994	3,38944994
R- $\mu$	0,48944994	0,48944994	0,48944994	0,48944994	0,48944994
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,687758413	1,687758413	1,687758413	1,68775841	1,68775841
s = k $\sigma$	1	1	1	1	1
R(corr) = [ $\mu$ + s]	4	4	4	4	4
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	3,793103448	3,793103448	3,793103448	3,79310345	3,79310345
L(z) (Parr)	2,12912E-05	2,12912E-05	2,12912E-05	2,1291E-05	2,1291E-05
L(z) (exacto)	1,74363E-05	1,74363E-05	1,74363E-05	1,7436E-05	1,7436E-05
n(R)= $\sigma$ L(z)	5,05653E-06	5,05653E-06	5,05653E-06	5,0565E-06	5,0565E-06

Q	74	37 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,687758413	
s	1	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	4	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	3,793103448	
L(z) (Parr)	2,12912E-05	
n(R)	6,17444E-06	
costo de ordenar	\$ 9.405	<b>Costo semanal</b>
costo de mantener inv	\$ 9.806	Ordenar
costo de faltantes	\$ 0	mantener inventario
costo de comprar	\$ 2.363.268	Faltantes
costo total	\$ 2.382.480	Compra
nivel servicio(tipo2)	0,999999917	Total
Rotación	1,831578947	
nivel servicio(tipo1)	0,999925587	

Los valores óptimos en el modelo Q, R ( Q ; R ) = 74 4  
 El nivel de servicio con esta política es de 100,0%



### Ahorros por mantenimiento de inventarios

Material	Obra	Nuevo costo de mantenimiento de inventario	Costo incurrido	Ahorro	Porcentaje de mejora
Concreto	FAC	\$ 83.372	\$ 145.892	\$ 62.520	43%
Hierro	Calle 17	\$ 46.150	\$ 84.587	\$ 38.437	45%
Concreto	Calle 17	\$ 66.958	\$ 84.846	\$ 17.888	21%
Ladrillo	Cancerología	\$ 9.806	\$ 82.500	\$ 72.694	88%
Concreto	Cancerología	\$ 61.159	\$ 90.750	\$ 29.591	33%
Hierro	Cancerología	\$ 42.837	\$ 51.123	\$ 8.286	16%

# Bloque cemento Hospital municipal de Orito

# Modelo Q,R

Demanda diaria	27,65
Error pronóstico diario	2,765
$\lambda$ = Demanda periodo	1659 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,016666667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	27,65 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	2,765 un
c	15272 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	290,168 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 10  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	339	339	339	339	339
$Qh/(p\lambda)$	0,014640227	0,014640227	0,014640227	0,01464023	0,01464023
$1-Qh/(p\lambda)$	0,985359773	0,985359773	0,985359773	0,98535977	0,98535977
R	33,67685668	33,67685668	33,67685668	33,6768567	33,6768567
$R-\mu$	6,026856681	6,026856681	6,026856681	6,02685668	6,02685668
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,179695002	2,179695002	2,179695002	2,179695	2,179695
$s = k\sigma$	7	7	7	7	7
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	35	35	35	35	35
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,658227848	2,658227848	2,658227848	2,65822785	2,65822785
L(z) (Parr)	0,001233653	0,001233653	0,001233653	0,00123365	0,00123365
L(z) (exacto)	0,001214255	0,001214255	0,001214255	0,00121426	0,00121426
$n(R)=\sigma L(z)$	0,003357416	0,003357416	0,003357416	0,00335742	0,00335742

Q 339 169,5 Q/2

$k = (R - \mu)/\sigma$	2,179695002	
s	7	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	35	
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,658227848	
L(z) (Parr)	0,001233653	
n(R)	0,003411049	
costo de ordenar	\$ 48.938	Ordenar \$ 4.894
costo de mantener inv	\$ 51.215	mantener inventario \$ 5.121
costo de faltantes	\$ 68	Faltantes \$ 7
costo de comprar	\$ 25.336.248	Compra \$ 2.533.625
costo total	\$ 25.436.468	Total \$ 2.543.647
nivel servicio(tipo2)	0,999989938	
Rotación	9,399433428	
nivel servicio(tipo1)	0,996072318	

Los valores óptimos en el modelo Q, R (Q,R)= (341,49)  
 El nivel de servicio con esta politica es de 98.8%

# Hierro 37000 Hospital municipal de Orito

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,07084
Error pronóstico diario	0,007084
$\lambda$ = Demanda periodo	6,80064 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,07084 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,007084 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	59249,6 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 16  
 Unidad = Tonelada

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	1,515120517	1,51876557	1,51877643	1,51877646	1,51877646
Qh/(p $\lambda$ )	0,146669667	0,14702252	0,147023574	0,14702358	0,14702358
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,853330333	0,85297748	0,852976426	0,85297642	0,85297642
R	0,078284033	0,07827316	0,078273128	0,07827313	0,07827313
R- $\mu$	0,007444033	0,00743316	0,007433128	0,00743313	0,00743313
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,050823357	1,04928858	1,049284037	1,04928404	1,04928404
s = k $\sigma$	0,007444033	0,00743316	0,007433128	0,00743313	0,00743313
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,078284033	0,07827316	0,078273128	0,07827313	0,07827313
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,050823357	1,04928858	1,049284037	1,04928404	1,04928404
L(z) (Parr)	0,075846418	0,07607574	0,076076422	0,07607642	0,07607642
L(z) (exacto)	0,075559266	0,07578464	0,075785311	0,07578531	0,07578531
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,000535262	0,00053686	0,000536863	0,00053686	0,00053686

Q	1,518776462	0,759388231 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,049284037	
s	0,007433128	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,078273128	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,049284037	
L(z) (Parr)	0,076076422	
n(R)	0,000538925	

		Costo semanal	
costo de ordenar	\$ 44.777	Ordenar	\$ 4.478
costo de mantener inv	\$ 45.434	mantener inventario	\$ 4.543
costo de faltantes	\$ 217	Faltantes	\$ 22
costo de comprar	\$ 13.254.447	Compra	\$ 1.325.445
costo total	\$ 13.344.875	Total	\$ 1.334.488
nivel servicio(tipo2)	0,999645158		
Rotación	8,868610557		
nivel servicio(tipo1)	0,852976271		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 1,51877646 0,07827313**  
 El nivel de servicio con esta política es de 85,30%

# Hierro 60000 Hospital municipal de Orito

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,08532
Error pronóstico diario	0,008532
$\lambda$ = Demanda periodo	8,19072 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,08532 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,008532 un
c	2052000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	62380,8 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 16  
 Unidad = Tonelada

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	1,620505718	1,62482617	1,624840352	1,62484041	1,62484041
Qh/(p $\lambda$ )	0,137131403	0,13749701	0,137498211	0,13749822	0,13749822
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,862868597	0,86250299	0,862501789	0,86250178	0,86250178
R	0,094648027	0,09463383	0,094633769	0,09463377	0,09463377
R- $\mu$	0,009328027	0,00931383	0,009313769	0,00931377	0,00931377
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,093299034	1,09163466	1,091627837	1,09162784	1,09162784
s = k $\sigma$	0,009328027	0,00931383	0,009313769	0,00931377	0,00931377
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,094648027	0,09463383	0,094633769	0,09463377	0,09463377
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,093299034	1,09163466	1,091627837	1,09162784	1,09162784
L(z) (Parr)	0,069718618	0,0699509	0,069951851	0,06995185	0,06995185
L(z) (exacto)	0,069533465	0,06976201	0,069762945	0,06976295	0,06976295
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,00059326	0,00059521	0,000595217	0,00059522	0,00059522

Q	1,62484041	0,812420205 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	1,091627837	
s	0,009313769	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	0,094633769	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	1,091627837	
L(z) (Parr)	0,069951851	
n(R)	0,000596829	

### Costo semanal

costo de ordenar	\$ 50.409	Ordenar	\$ 5.041
costo de mantener inv	\$ 51.260	mantener inventario	\$ 5.126
costo de faltantes	\$ 271	Faltantes	\$ 27
costo de comprar	\$ 16.807.357	Compra	\$ 1.680.736
costo total	\$ 16.909.298	Total	\$ 1.690.930
nivel servicio(tipo2)	0,999632684		
Rotación	9,967605407		
nivel servicio(tipo1)	0,862501604		

Los valores óptimos en el modelo Q, R  
 El nivel de servicio con esta política es de

86,25%

**(Q,R) = 1,62484041 0,09463377**

# Concreto Hospital municipal de Orito

# Modelo Q,R

Demanda diaria	1,9608
Error pronóstico diario	0,19608
$\lambda$ = Demanda periodo	188,2368 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	1,9608 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,19608 un
c	478052,6 \$/un
v	25000 \$/un faltante
h	14532,79904 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	75000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 16  
 Unidad = M3

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	16,09506109	16,1652647	16,16560633	16,1656063	16,1656063
Qh/(p $\lambda$ )	0,01656823	0,0166405	0,016640849	0,01664085	0,01664085
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,98343177	0,9833595	0,983359151	0,98335915	0,98335915
R	2,378532475	2,37819007	2,378190074	2,37819007	2,37819007
R- $\mu$	0,417732475	0,41739007	0,417390074	0,41739007	0,41739007
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,130418579	2,12867235	2,128672349	2,12867235	2,12867235
s = k $\sigma$	0,417732475	0,41739007	0,417390074	0,41739007	0,41739007
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,378532475	2,37819007	2,378190074	2,37819007	2,37819007
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,130418579	2,12867235	2,128672349	2,12867235	2,12867235
L(z) (Parr)	0,005889931	0,00591845	0,005918448	0,00591845	0,00591845
L(z) (exacto)	0,00594495	0,00597395	0,005973946	0,00597395	0,00597395
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,001165686	0,00117137	0,001171371	0,00117137	0,00117137

Q	16,16560633	8,082803167 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,128672349	
s	0,417390074	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,378190074	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,128672349	
L(z) (Parr)	0,005918448	
n(R)	0,001160489	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 116.443	Ordenar	\$ 11.644
costo de mantener inv	\$ 123.532	mantener inventario	\$ 12.353
costo de faltantes	\$ 1.013	Faltantes	\$ 101
costo de comprar	\$ 89.987.092	Compra	\$ 8.998.709
costo total	\$ 90.228.080	Total	\$ 9.022.808
nivel servicio(tipo2)	0,999928212		
Rotación	22,14500243		
nivel servicio(tipo1)	0,983359371		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 16,1656063 2,37819007**  
 El nivel de servicio con esta política es de 98,34%

**Bloque Club FAC e= 35 cm**

**Modelo Q,R**

Demanda diaria	10,91
Error pronóstico diario	1,091
$\lambda$ = Demanda periodo	720,06 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,015151515 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	10,91 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	1,091 un
c	20302 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	424,3118 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 11  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	185	185	185	185	185
$Qh/(p\lambda)$	0,026917401	0,0269174	0,026917401	0,0269174	0,0269174
$1-Qh/(p\lambda)$	0,973082599	0,9730826	0,973082599	0,9730826	0,9730826
R	13,01362818	13,0136282	13,01362818	13,0136282	13,0136282
$R-\mu$	2,103628176	2,10362818	2,103628176	2,10362818	2,10362818
$k = (R - \mu)/\sigma$	1,928165148	1,92816515	1,928165148	1,92816515	1,92816515
$s = k\sigma$	3	3	3	3	3
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	14	14	14	14	14
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,832263978	2,83226398	2,832263978	2,83226398	2,83226398
L(z) (Parr)	0,000704213	0,00070421	0,000704213	0,00070421	0,00070421
L(z) (exacto)	0,000682468	0,00068247	0,000682468	0,00068247	0,00068247
$n(R)=\sigma L(z)$	0,000744573	0,00074457	0,000744573	0,00074457	0,00074457

Q	185	92,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	1,928165148	
s	3	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	14	
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,832263978	
L(z) (Parr)	0,000704213	
n(R)	0,000768296	
costo de ordenar	\$ 38.922	Ordenar \$ 3.892
costo de mantener inv	\$ 40.522	mantener inventario \$ 4.052
costo de faltantes	\$ 12	Faltantes \$ 1
costo de comprar	\$ 14.618.658	Compra \$ 1.461.866
costo total	\$ 14.698.114	Total \$ 1.469.811
nivel servicio(tipo2)	0,999995847	
Rotación	7,539895288	
nivel servicio(tipo1)	0,997688953	

**Costo semanal**

Los valores óptimos en el modelo Q, R **( Q ; R ) = 185 14**  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,8%

**Bloque Club FAC e= 15 cm**

**Modelo Q,R**

Demanda diaria	18,334
Error pronóstico diario	1,8334
$\lambda$ = Demanda periodo	1210,044 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,015151515 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	18,334 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	1,8334 un
c	8087 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	169,0183 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 11  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	379	379	379	379	379
$Qh/(p\lambda)$	0,013071239	0,01307124	0,013071239	0,01307124	0,01307124
$1-Qh/(p\lambda)$	0,986928761	0,98692876	0,986928761	0,98692876	0,98692876
R	22,41164191	22,4116419	22,41164191	22,4116419	22,4116419
$R-\mu$	4,07764191	4,07764191	4,07764191	4,07764191	4,07764191
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,224087439	2,22408744	2,224087439	2,22408744	2,22408744
$s = k\sigma$	5	5	5	5	5
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	24	24	24	24	24
$z = (R-\mu)/\sigma$	3,090433075	3,09043308	3,090433075	3,09043308	3,09043308
L(z) (Parr)	0,000294155	0,00029416	0,000294155	0,00029416	0,00029416
L(z) (exacto)	0,000276446	0,00027645	0,000276446	0,00027645	0,00027645
$n(R)=\sigma L(z)$	0,000506836	0,00050684	0,000506836	0,00050684	0,00050684

Q	379	189,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,224087439	
s	5	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	24	
$z = (R-\mu)/\sigma$	3,090433075	
L(z) (Parr)	0,000294155	
n(R)	0,000539304	
costo de ordenar	\$ 31.927	Ordenar \$ 3.193
costo de mantener inv	\$ 32.874	mantener inventario \$ 3.287
costo de faltantes	\$ 7	Faltantes \$ 1
costo de comprar	\$ 9.785.626	Compra \$ 978.563
costo total	\$ 9.850.434	Total \$ 985.043
nivel servicio(tipo2)	0,999998577	
Rotación	6,221305913	
nivel servicio(tipo1)	0,999000608	

Los valores óptimos en el modelo Q, R ( Q ; R ) = 379 24  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,9%

# Concreto Club FAC

# Modelo Q,R

Demanda diaria	5,9762
Error pronóstico diario	0,59762
$\lambda$ = Demanda periodo	251,0004 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,023809524 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	5,9762 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,59762 un
c	342840 \$/un
v	55000 \$/un faltante
h	4559,772 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	165000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 7  
 Unidad = M3

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	33,18032541	33,3633709	33,36447671	33,3644984	33,36449845
Qh/(p $\lambda$ )	0,003653132	0,00367329	0,003673407	0,00367341	0,00367341
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,996346868	0,99632671	0,996326593	0,99632659	0,99632659
R	7,579359164	7,57825036	7,578228617	7,57822862	7,578228617
R- $\mu$	1,603159164	1,60205036	1,602028617	1,60202862	1,602028617
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,682572813	2,68071744	2,680681064	2,68068106	2,680681064
s = k $\sigma$	1,603159164	1,60205036	1,602028617	1,60202862	1,602028617
R(corr) = [ $\mu$ + s]	7,579359164	7,57825036	7,578228617	7,57822862	7,578228617
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,682572813	2,68071744	2,680681064	2,68068106	2,680681064
L(z) (Parr)	0,001142137	0,00114888	0,001149016	0,00114902	0,001149016
L(z) (exacto)	0,001122007	0,0011288	0,001128938	0,00112894	0,001128938
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,000670534	0,0006746	0,000674676	0,00067468	0,000674676

Q	33,36449845	16,68224922 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,680681064	
s	1,602028617	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	7,578228617	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,680681064	
L(z) (Parr)	0,001149016	
n(R)	0,000686675	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 75.230	Ordenar	\$ 7.523
costo de mantener inv	\$ 83.372	mantener inventario	\$ 8.337
costo de faltantes	\$ 852	Faltantes	\$ 85
costo de comprar	\$ 86.052.977	Compra	\$ 8.605.298
costo total	\$ 86.212.431	Total	\$ 8.621.243
nivel servicio(tipo2)	0,999979419		
Rotación	13,72766276		
nivel servicio(tipo1)	0,996326328		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 33,3644984 7,578228617**  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,63%



# Concreto Centro de salud Puerto Guzmán

# Modelo Q,R

Demanda diaria	2,02469
Error pronóstico diario	0,202469
$\lambda$ = Demanda periodo	194,37024 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	2,02469 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,202469 un
c	452841 \$/un
v	25000 \$/un faltante
h	13766,3664 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	75000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 16  
 Unidad = M3

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	16,80429206	16,8764123	16,87675778	16,8767615	16,8767615
Qh/(p $\lambda$ )	0,015868962	0,01593707	0,015937394	0,0159374	0,0159374
1-Qh/(p $\lambda$ )	0,984131038	0,98406293	0,984062606	0,9840626	0,9840626
R	2,459532465	2,45918627	2,45918259	2,45918259	2,45918259
R- $\mu$	0,434842465	0,43449627	0,43449259	0,43449259	0,43449259
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,147698979	2,14598913	2,145970939	2,14597094	2,14597094
s = k $\sigma$	0,434842465	0,43449627	0,43449259	0,43449259	0,43449259
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,459532465	2,45918627	2,45918259	2,45918259	2,45918259
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,147698979	2,14598913	2,145970939	2,14597094	2,14597094
L(z) (Parr)	0,005614359	0,0056411	0,005641382	0,00564138	0,00564138
L(z) (exacto)	0,005664718	0,00569191	0,005692199	0,0056922	0,0056922
n(R)= $\sigma$ L(z)	0,00114693	0,00115244	0,001152494	0,00115249	0,00115249

Q	16,87676147	8,438380734 Q/2
k = (R - $\mu$ )/ $\sigma$	2,145970939	
s	0,43449259	
R(corr) = [ $\mu$ + s]	2,45918259	
z = (R- $\mu$ )/ $\sigma$	2,145970939	
L(z) (Parr)	0,005641382	
n(R)	0,001142205	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 115.170	Ordenar	\$ 11.517
costo de mantener inv	\$ 122.147	mantener inventario	\$ 12.215
costo de faltantes	\$ 987	Faltantes	\$ 99
costo de comprar	\$ 88.018.814	Compra	\$ 8.801.881
costo total	\$ 88.257.118	Total	\$ 8.825.712
nivel servicio(tipo2)	0,999932321		
Rotación	21,90612138		
nivel servicio(tipo1)	0,984062409		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 16,8767615 2,45918259**  
 El nivel de servicio con esta política es de 98,41%

# Hierro 37000 Centro de salud Puerto Guzman

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,1223	Periodo (Semanas) =	16
Error pronóstico diario	0,01223	Unidad =	Tonelada
$\lambda$ = Demanda periodo	11,7408 un/periodo		
Lead Time	1 día		
$\tau$	0,010416667 periodos		
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,1223 un		
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,01223 un		
c	1949000 \$/un		
v	30000 \$/un faltante		
h	59249,6 \$/(unxperiodo)		
f	3 (Factor)		
p	90000 \$/un		
K	10000 \$		
$k_{min}$	0		

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	1,990770202	1,996685514	1,996706811	1,99670687	1,99670687
Qh/(pλ)	0,111626255	0,111957938	0,111959132	0,11195914	0,11195914
1-Qh/(pλ)	0,888373745	0,888042062	0,888040868	0,88804086	0,88804086
R	0,137195221	0,137173892	0,137173836	0,13717384	0,13717384
R-μ	0,014895221	0,014873892	0,014873836	0,01487384	0,01487384
k = (R - μ)/σ	1,217924819	1,216180863	1,216176315	1,21617632	1,21617632
s = kσ	0,014895221	0,014873892	0,014873836	0,01487384	0,01487384
R(corr) = [μ + s]	0,137195221	0,137173892	0,137173836	0,13717384	0,13717384
z = (R-μ)/σ	1,217924819	1,216180863	1,216176315	1,21617632	1,21617632
L(z) (Parr)	0,054032657	0,054230017	0,054230532	0,05423053	0,05423053
L(z) (exacto)	0,054070743	0,054265704	0,054266213	0,05426621	0,05426621
n(R)=σL(z)	0,000661285	0,00066367	0,000663676	0,00066368	0,00066368

Q	1,996706867	0,998353433 Q/2
k = (R - μ)/σ	1,216176315	
s	0,014873836	
R(corr) = [μ + s]	0,137173836	
z = (R-μ)/σ	1,216176315	
L(z) (Parr)	0,054230532	
n(R)	0,000663239	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 58.801	Ordenar	\$ 5.880
costo de mantener inv	\$ 60.033	mantener inventario	\$ 6.003
costo de faltantes	\$ 351	Faltantes	\$ 35
costo de comprar	\$ 22.882.819	Compra	\$ 2.288.282
costo total	\$ 23.002.004	Total	\$ 2.300.200
nivel servicio(tipo2)	0,999667833		
Rotación	11,58752863		
nivel servicio(tipo1)	0,888041055		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 1,99670687 0,13717384**  
 El nivel de servicio con esta política es de 88,80%

# Hierro 60000 Centro de salud Puerto Guzman

# Modelo Q,R

Demanda diaria	0,1465	Periodo (Semanas) =	16
Error pronóstico diario	0,01465	Unidad =	Tonelada
$\lambda$ = Demanda periodo	14,064 un/periodo		
Lead Time	1 día		
$\tau$	0,010416667 periodos		
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,1465 un		
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	0,01465 un		
c	2052000 \$/un		
v	30000 \$/un faltante		
h	62380,8 \$/(unxperiodo)		
f	3 (Factor)		
p	90000 \$/un		
K	10000 \$		
$k_{min}$	0		

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	2,123459375	2,130448702	2,130476437	2,13047654	2,13047654
Qh/(pλ)	0,104651035	0,104995492	0,104996859	0,10499686	0,10499686
1-Qh/(pλ)	0,895348965	0,895004508	0,895003141	0,89500314	0,89500314
R	0,164892884	0,164865103	0,164865003	0,164865	0,164865
R-μ	0,018392884	0,018365103	0,018365003	0,018365	0,018365
k = (R - μ)/σ	1,25548695	1,253590654	1,253583832	1,25358383	1,25358383
s = kσ	0,018392884	0,018365103	0,018365003	0,018365	0,018365
R(corr) = [μ + s]	0,164892884	0,164865103	0,164865003	0,164865	0,164865
z = (R-μ)/σ	1,25548695	1,253590654	1,253583832	1,25358383	1,25358383
L(z) (Parr)	0,049924619	0,050125571	0,050126295	0,0501263	0,0501263
L(z) (exacto)	0,050009834	0,05020861	0,050209326	0,05020933	0,05020933
n(R)=σL(z)	0,000732644	0,000735556	0,000735567	0,00073557	0,00073557

Q	2,130476537	1,065238268 Q/2
k = (R - μ)/σ	1,253583832	
s	0,018365003	
R(corr) = [μ + s]	0,164865003	
z = (R-μ)/σ	1,253583832	
L(z) (Parr)	0,050126295	
n(R)	0,00073435	

		<b>Costo semanal</b>	
costo de ordenar	\$ 66.013	Ordenar	\$ 6.601
costo de mantener inv	\$ 67.596	mantener inventario	\$ 6.760
costo de faltantes	\$ 436	Faltantes	\$ 44
costo de comprar	\$ 28.859.328	Compra	\$ 2.885.933
costo total	\$ 28.993.374	Total	\$ 2.899.337
nivel servicio(tipo2)	0,999655312		
Rotación	12,97891984		
nivel servicio(tipo1)	0,895003279		

Los valores óptimos en el modelo Q, R **(Q,R) = 2,13047654 0,164865**  
 El nivel de servicio con esta política es de 89,50%

# Tolete común Centro de salud Puerto Guzman

# Modelo Q,R

Demanda diaria	28,4688
Error pronóstico diario	2,84688
$\lambda$ = Demanda periodo	1366,5024 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,0208333333 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	28,4688 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durante	2,84688 un
c	33955 \$/un
v	2000 \$/un faltante
h	516,116 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	6000 \$/un
K	10000 \$
$k_{min}$	0

Periodo (Semanas) = 8  
 Unidad = M2 de muro

	Ite 0	Ite 1	Ite 2	Ite 3	Ite 4
Q(EOQ)	231	231	231	231	231
$Qh/(p\lambda)$	0,014541113	0,014541113	0,014541113	0,01454111	0,01454111
$1-Qh/(p\lambda)$	0,985458887	0,985458887	0,985458887	0,98545889	0,98545889
R	34,68174242	34,68174242	34,68174242	34,6817424	34,6817424
$R-\mu$	6,212942422	6,212942422	6,212942422	6,21294242	6,21294242
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,182368917	2,182368917	2,182368917	2,18236892	2,18236892
$s = k\sigma$	7	7	7	7	7
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	36	36	36	36	36
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,645422357	2,645422357	2,645422357	2,64542236	2,64542236
L(z) (Parr)	0,001284471	0,001284471	0,001284471	0,00128447	0,00128447
L(z) (exacto)	0,001265523	0,001265523	0,001265523	0,00126552	0,00126552
$n(R)=\sigma L(z)$	0,003602792	0,003602792	0,003602792	0,00360279	0,00360279

Q	231	115,5 Q/2
$k = (R - \mu)/\sigma$	2,182368917	
s	7	
$R(\text{corr}) = [\mu + s]$	36	
$z = (R-\mu)/\sigma$	2,645422357	
L(z) (Parr)	0,001284471	
n(R)	0,003656734	

costo de ordenar	\$ 59.156
costo de mantener inv	\$ 63.224
costo de faltantes	\$ 130
costo de comprar	\$ 46.399.589
costo total	\$ 46.522.099
nivel servicio(tipo2)	0,99998417
Rotación	11,15512163
nivel servicio(tipo1)	0,995920508

### Costo semanal

Ordenar	\$ 5.916
mantener inventario	\$ 6.322
Faltantes	\$ 13
Compra	\$ 4.639.959
Total	\$ 4.652.210

Los valores óptimos en el modelo Q, R **( Q ; R ) = 231 36**  
 El nivel de servicio con esta política es de 99,6%

## Bloque cemento Hospital municipal de Orito

## Modelo S,T

Demanda diaria	27,65	\$ 25.458.729
Error pronóstico diario	2,765	
$\lambda$ = Demanda periodo	1659 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,016666667 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	27,65 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	36,58031463 un	
c	15272 \$/un	
v	1350 \$/un faltante	
h	290,168 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	4050 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,988163214	
z	2,26	
T=	0,203829504	2,038295035 Semanas
S=	448,4746574	Unidades
ss =	82,67151107	Unidades
costo de ordenar	\$ 45.352	
costo de mantener inv	\$ 77.061	
costo de faltantes	\$ 68	
costo de comprar	\$ 25.336.248	
costo total	\$ 25.458.729	

Periodo (Semanas) = 10  
Unidad = M2 de muro

## Hierro 37000 Hospital municipal de Orito

## Modelo S,T

Demanda diaria	0,07084	
Error pronóstico diario	0,007084	
$\lambda$ = Demanda periodo	6,80064 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,01041667 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,07084 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	0,15859605 un	
c	1949000 \$/un	
v	30000 \$/un faltante	
h	59249,6 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	90000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,85211726	
z	1,04555738	
T=	0,22279087	2,227908722 Semanas
S=	1,75178179	Unidades
ss =	0,16582127	Unidades
costo de ordenar	\$ 42.880	
costo de mantener inv	\$ 56.809	
costo de faltantes	\$ 217	
costo de comprar	\$ 13.254.447	
costo total	\$ 13.354.353	

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = Tonelada

## Hierro 60000 Hospital municipal de Orito

## Modelo S,T

Demanda diaria	0,08532	
Error pronóstico diario	0,008532	
$\lambda$ = Demanda periodo	8,19072 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,01041667 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,08532 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	0,17058257 un	
c	2052000 \$/un	
v	30000 \$/un faltante	
h	62380,8 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	90000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,86161081	
z	1,08758513	
T=	0,19784655	1,978465529 Semanas
S=	1,89134879	Unidades
ss =	0,18552307	Unidades
costo de ordenar	\$ 48.016	
costo de mantener inv	\$ 64.778	
costo de faltantes	\$ 271	
costo de comprar	\$ 16.807.357	
costo total	\$ 16.920.423	

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = Tonelada

## Concreto Hospital municipal de Orito

## Modelo S,T

Demanda diaria	1,9608	
Error pronóstico diario	0,19608	
$\lambda$ = Demanda periodo	188,2368 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,01041667 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	1,9608 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	1,80558611 un	
c	478052,6 \$/un	
v	25000 \$/un faltante	
h	14532,799 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	75000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,98318237	
z	2,12441591	
T=	0,08550433	0,85504328 Semanas
S=	21,891677	Unidades
ss =	3,83581586	Unidades
costo de ordenar	\$ 104.252	
costo de mantener inv	\$ 186.946	
costo de faltantes	\$ 1.013	
costo de comprar	\$ 89.987.092	
costo total	\$ 90.279.304	

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = M3



## Bloque Club FAC e= 35 cm

## Modelo S,T

Demanda diaria	10,91
Error pronóstico diario	1,091
$\lambda$ = Demanda periodo	720,06 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,01515152 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	10,91 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	19,5138487 un
c	20302 \$/un
v	1350 \$/un faltante
h	424,3118 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	4050 \$/un
K	10000 \$
nivel servicio(tipo1)	0,98509629
z	2,17263732

Periodo (Semanas) = 11  
Unidad = M2 de muro

T=	0,25585158	2,558515781	Semanas
S=	237,535003		Unidades
ss =	42,3965161		Unidades

costo de ordenar	\$ 36.900
costo de mantener inv	\$ 59.389
costo de faltantes	\$ 12
costo de comprar	\$ 14.618.658
costo total	\$ 14.714.959

## Bloque Club FAC e= 15 cm

## Modelo S,T

Demanda diaria	18,334	
Error pronóstico diario	1,8334	
$\lambda$ = Demanda periodo	1210,044 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,01515152 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	18,334 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	39,6731897 un	
c	8087 \$/un	
v	1350 \$/un faltante	
h	169,0183 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	4050 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,99045549	
z	2,34378604	
T=	0,31271416	3,127141636 Semanas
S=	489,717365	Unidades
ss =	92,9854681	Unidades
costo de ordenar	\$ 30.500	
costo de mantener inv	\$ 49.244	
costo de faltantes	\$ 7	
costo de comprar	\$ 9.785.626	
costo total	\$ 9.865.377	

Periodo (Semanas) = 11  
Unidad = M2 de muro

## Concreto Club FAC

## Modelo S,T

Demanda diaria	5,9762	
Error pronóstico diario	0,59762	
$\lambda$ = Demanda periodo	251,0004 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,02380952 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	5,9762 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	3,91565254 un	
c	342840 \$/un	
v	55000 \$/un faltante	
h	4559,772 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	165000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,99627732	
z	2,67624273	
T=	0,13219232	1,321923208 Semanas
S=	49,635762	Unidades
ss =	10,4792366	Unidades
costo de ordenar	\$ 64.102	
costo de mantener inv	\$ 137.055	
costo de faltantes	\$ 852	
costo de comprar	\$ 86.052.977	
costo total	\$ 86.254.987	

Periodo (Semanas) = 7  
Unidad = M3

## Concreto Centro de salud Puerto Guzmán

## Modelo S,T

Demanda diaria	2,02469	
Error pronóstico diario	0,202469	
$\lambda$ = Demanda periodo	194,37024 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,01041667 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	2,02469 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	1,88289821 un	
c	452841 \$/un	
v	25000 \$/un faltante	
h	13766,3664 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	75000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,98389622	
z	2,14182364	
T=	0,08645507	0,864550667 Semanas
S=	22,861818	Unidades
ss =	4,0328359	Unidades
costo de ordenar	\$ 103.229	
costo de mantener inv	\$ 185.121	
costo de faltantes	\$ 987	
costo de comprar	\$ 88.018.814	
costo total	\$ 88.308.151	

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = M3

## Hierro 37000 Centro de salud Puerto Guzmán

## Modelo S,T

Demanda diaria	0,1223
Error pronóstico diario	0,01223
$\lambda$ = Demanda periodo	11,7408 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,1223 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	0,21130702 un
c	1949000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	59249,6 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
nivel servicio(tipo1)	0,887231893
z	1,21193807

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = Tonelada

T=	0,169560013	1,695600131 Semanas
S=	2,369161224	Unidades
ss =	0,256091022	Unidades

costo de ordenar	\$ 55.563
costo de mantener inv	\$ 77.773
costo de faltantes	\$ 351
costo de comprar	\$ 22.882.819
costo total	\$ 23.016.506

## Hierro 60000 Centro de salud Puerto Guzmán

## Modelo S,T

Demanda diaria	0,1465
Error pronóstico diario	0,01465
$\lambda$ = Demanda periodo	14,064 un/periodo
Lead Time	1 día
$\tau$	0,010416667 periodos
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	0,1465 un
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	0,226995937 un
c	2052000 \$/un
v	30000 \$/un faltante
h	62380,8 \$/(unxperiodo)
f	3 (Factor)
p	90000 \$/un
K	10000 \$
nivel servicio(tipo1)	0,894161988
z	1,24897042

Periodo (Semanas) = 16  
Unidad = Tonelada

T=	0,15098545	1,509854504 Semanas
S=	2,553470586	Unidades
ss =	0,283511211	Unidades

costo de ordenar	\$ 61.957
costo de mantener inv	\$ 88.487
costo de faltantes	\$ 436
costo de comprar	\$ 28.859.328
costo total	\$ 29.010.208

## Tolete común Centro de salud Puerto Guzmán

## Modelo S,T

Demanda diaria	28,4688	
Error pronóstico diario	2,84688	
$\lambda$ = Demanda periodo	1366,5024 un/periodo	
Lead Time	1 día	
$\tau$	0,020833333 periodos	
$\mu$ = Pronóstico durante el LT	28,4688 un	
$\sigma$ =Error del pronóstico durant	25,85846514 un	
c	33955 \$/un	
v	2000 \$/un faltante	
h	516,116 \$/(unxperiodo)	
f	3 (Factor)	
p	6000 \$/un	
K	10000 \$	
nivel servicio(tipo1)	0,98979934	
z	2,318884071	
T=	0,168397693	1,683976928 Semanas
S=	318,5474343	Unidades
ss =	59,96278293	Unidades
costo de ordenar	\$ 52.845	
costo de mantener inv	\$ 97.678	
costo de faltantes	\$ 130	
costo de comprar	\$ 46.399.589	
costo total	\$ 46.550.242	

Periodo (Semanas) = 8  
Unidad = M2 de muro