

7
338.174772
CAR.

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Departamento de Ingeniería Mecánica

TESIS DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de

Ingeniero Mecánico

Cálculo y Diseño de un Sistema Mecánico para

Embarcar Banano en el Puerto

Marítimo de Guayaquil

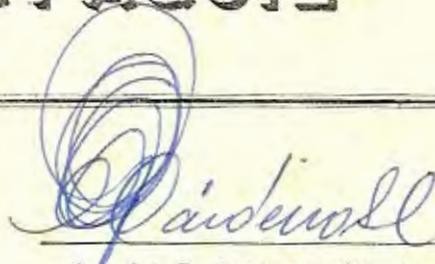
por *Gabriel Ernesto Cárdenas Gamboa*

Guayaquil - Ecuador

1973

CALCULO Y DISEÑO
DE UN SISTEMA MECANICO
PARA EMBARCAR BANANO
EN EL PUERTO MARITIMO
DE GUAYAQUIL

autor



Gabriel E. Cardenas Gamboa.

director de tesis

Ing. Mec. Ricardo Cassis Martinez.

director del dpto. de ingenieria mec.

Ing. Mec. Freddy Cevallos Barberan.

DECLARACION EXPRESA:

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis, corresponden exclusivamente a su autor.

(Artículo Sexto del Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales).

GABRIEL E. CARDENAS GAMBOA.

El patrimonio intelectual de esta Tesis, pertenece a la:

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

(Artículo Sexto del Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales).

A G R A D E C I M I E N T O :

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento al señor Ingeniero Ricardo - Cassis Martínez, Director de la presente Tesis, quien con su orientación contribuyó a la elaboración de este trabajo; y a cada uno de los Catedráticos que durante los años de estudio de mi carrera, supieron inculcarme - normas de disciplina y afán de superación y más que todo, responsabilidad en la carrera que hoy culmino.

- - - - -

A MI ESPOSA E HIJOS:

Quienes fortalecieron mi espíritu
para la culminación de mi carrera.

A MIS PADRES Y HERMANOS;

A MI TIO JULIO CESAR CARDENAS B:

Quienes me criaron, educaron, guia
ron y apoyaron mi formación profe-
sional.

TABLA DE CONTENIDO:

Título	Pag.	
Reglamento de Tesis	"	i
Agradecimiento	"	i-i
Dedicatoria	"	i-i-i
Tabla de Contenido	"	iv
		v
Capítulo I: Introducción	"	1-1
Capítulo II : Factibilidad	"	2-1
Capítulo III: Análisis del Sistema	"	3-1
Capítulo IV: Componentes del sistema cálculo y selección de materiales.	"	4-1
Capítulo V: Optimización del Sistema:	"	5-1
Capítulo VI: Programación y Control de la Obra.	"	6-1
Capítulo VII Consideraciones Económicas	"	7-1
Capítulo VIII Recomendaciones y Conclusiones	"	8-1
Capítulo IX:		
Apéndice		
a) Bibliografía		
b) Planos.		

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

El año en que se inició el cultivo del banano en el Ecuador, no se ha registrado en los anales de la agricultura nacional. Las estadísticas más antiguas que se han publicado, señalan que ya en 1.910 se exportaban 71.617 racimos con un valor de S/ 59.989.10, que demuestra que se trata de un cultivo que ha venido ocupando un sitio importante en las exportaciones del Litoral Ecuatoriano, desde hace algunas décadas.

Sin embargo, en el momento actual, difícil es negarlo, la industria bananera enfrenta una serie de problemas que comprometen la situación económica y social del País, por lo que se hace necesario la adopción de una política de acción definida, que ayude a conseguir una estabilidad permanente, - que sirva de amparo a los innumerables núcleos sociales cuyo nivel de vida y bienestar social depende en forma prácticamente exclusiva, de la exportación de este cultivo.

El autor de la presente tesis, al analizar la importancia de la producción bananera en la agricultura y de la economía nacional, siendo además un nexo vital de las exportaciones agrícolas, piensa que, haciendo innovaciones a los métodos de manipulación, en algo aporta a la solución de los diferentes problemas que afectan a esta industria, y, siendo aún corriente en nuestro medio que en las más avanzadas industrias, junto con los más elaborados tecnicismos y programaciones, la recepción y el envío de materiales, se ha dejado a la libre iniciativa del peonaje sin que en sus métodos y actuaciones, impere una base productiva que en modo alguno, mejore el resto de procesos.

Como aporte para solucionar uno de los tantos males que afecta a nuestro producto, se piensa y se pone interés en el cálculo y diseño de un sistema mecánico para embarcar banano en el Puerto Marítimo de Guayaquil. Teniendo en consideración que muchas de estas razones de orden técnico principalmente, en lo que se refiere en el manipuleo de la fruta, son de gran importancia para la competencia con el mercado internacional y que sirven como defensa de la política de comercialización, ya que si bien es cierto, el País gana cupos de exportación a países Europeos y Asiáticos, perdemos cupos con los Estados Unidos - que es el país que mayor cantidad de banano importa en el mundo, como se puede apreciar en la siguiente tabla donde se presenta la exportación solamente relacionada al Puerto de Guayaquil.

TABLA No. 1-1

TONELADAS DE EXPORTACIONES DE BANANO SEGUN CONOCIMIENTOS DE
EMBARQUE POR EL PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL DURANTE LOS AÑOS

1966 - 1970

AÑOS	1.966	1.967	1.968	1.969	1.970
PAISES DE DESTINOS:					
Alemania Occ.	308.551	317.444	263.044	180.910	142.050
Alemania O.		52	3.843	6.065	1.525
Argentina				28.909	24.409
Austria	6.889				604
Bélgica	116.483	150.082	87.082	56.030	57.210
Bulgaria				1.499	730
Chile	49.904	67.625	74.176	80.397	70.486
EE.UU.	313.536	297.317	196.919	126.608	153.318
Francia	5.710	1.208	4.920	10.317	12.406
Grecia					541
Gran Bretaña				319	
Holanda	20.335	17.065	29.677	28.228	13.564
Hungría			445	788	16.373
Italia	66.786	111.676	83.665	50.097	31.952
Irlanda		2.512	829		
Islanda del Sur				877	5.766
Japón	72.169	90.039	195.137	31.609	54.393
Libia				6.036	14.968
Noruega	1.446				
Nueva Zelandia	3.439	5.902	269	1.309	6.667
Polonia				878	
Perú	27				1.926
Rumania			1.926		
Suiza	3.444		234		
U.Soviética			1.550	17.526	9.534
Uruguay			237	129	
Yugoeslavia			14.891	23.562	28.898
Otros Países					127

Los Estados Unidos, ha sido un país que en muchos años ha ocupado la supremacía de país importador de nuestro banano, y la pérdida de cupos de exportación con ellos se debe en gran parte a los competidores que tenemos en América Central, como son los países de Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Guatemala, Honduras, donde existen grandes compañías de exportación de banano, con adelantos tanto del embalaje como del manipuleo y embarque, pues en algunos de estos países existen mecanismos automáticos para su manipuleo; otra de las causas que nos afecta es la situación geográfica desfavorable en que nos encontramos respecto a los países anteriormente citados, es decir, el país más alejado de los sitios de consumo.

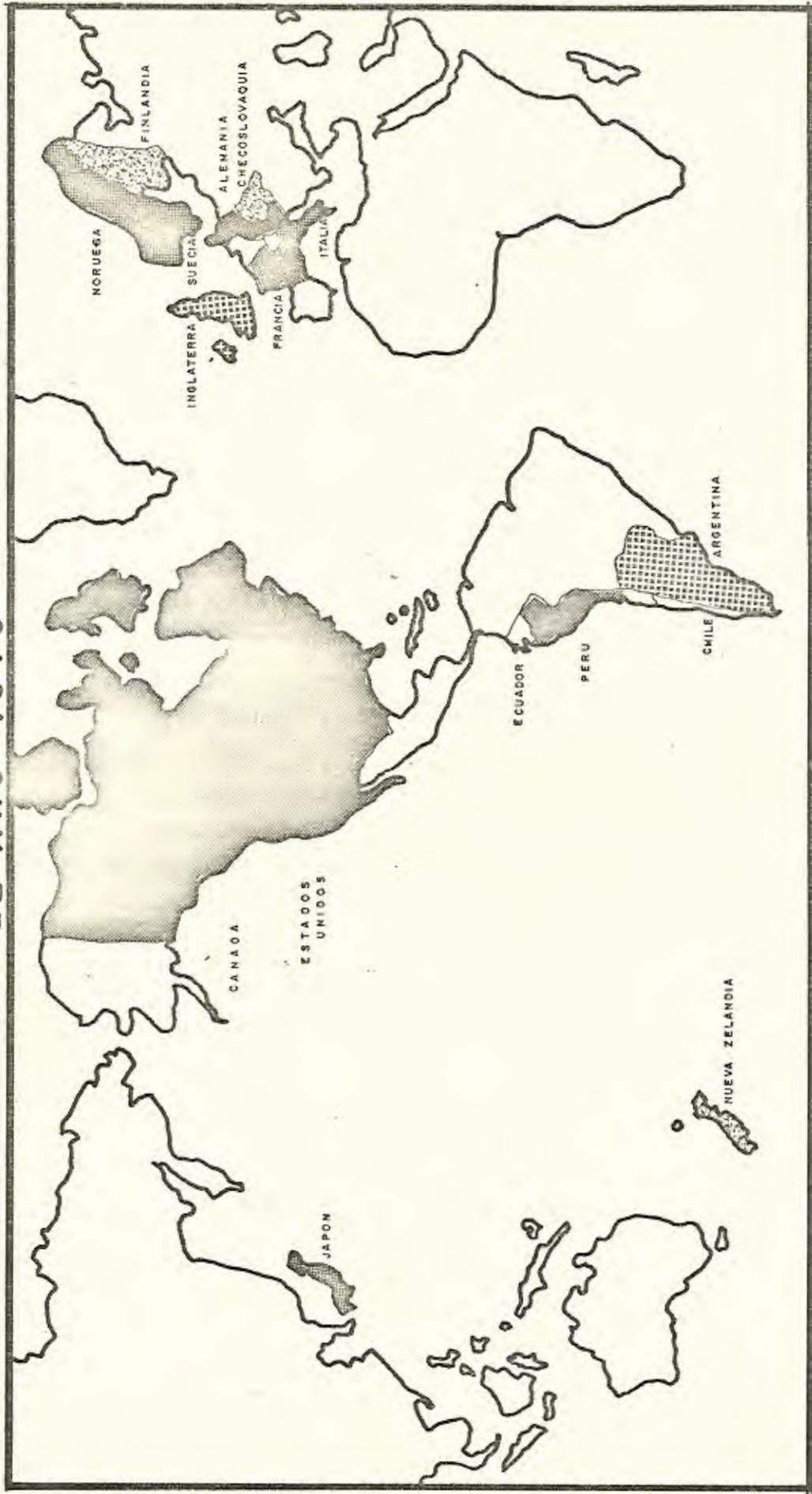
Con el sistema de transporte mecánico se supera el problema del maltrato de la fruta que actualmente en algo ha mejorado porque la mayoría de las exportaciones se las hace en caja, este maltrato ocasiona manchas negruscas, lesivas que son puerta abierta a hongos, parásitos, que deprecia el aspecto externo del producto puesto en el comercio.

Otro de los problemas que se superaría con este diseño de automatizar el embarque de banano, sería el que ocasiona una rebaja en el flete, pues se embarcaría la fruta mucho más rápido, ya que hay que tener en cuenta que en la explotación de un buque, las horas de trabajo rentables son las destinadas a navegar o sea cumplir su cometido de llegar a un puerto, el tiempo perdido en éste, sea por la razón que fuere, representa un fuerte gravamen económico para su explotación. De nada serviría construir buques caros de gran velocidad para ganar unas horas o días en la navegación, si luego va a perder este tiempo en el puerto por la lentitud de sus operaciones o por esperar turno de atraque.

Esta innovación tendrá una repercusión favorable en muchos aspectos de la economía regional y nacional y parece haber seguridad en que la mecanización del embarque de banano proporcionará con su construcción beneficios económicos directos e indirectos al pueblo del Ecuador que se dedica a esta actividad.

En la figura No. 1-1 se presenta un croquis con los países a los cuales hacemos la exportación de nuestro producto, además se grafican también los países ocasionalmente importadores y los posibles importadores del banano de nuestra producción.

EXPORTACION DE BANANOS HASTA EL AÑO 1970



PAISES IMPORTADORES
 PAISES OCASIONALMENTE IMPORTADORES
 PAISES POSIBLES IMPORTADORES

CAPITULO II

F A C T I B I L I D A D

Guayaquil es el centro del sistema de transporte de la nación, el puerto principal para exportaciones e importaciones; las mejoras que se introduzcan dentro del Puerto Marítimo, estimularían nuevos negocios al permitir una mayor afluencia de productos.

Para los fines prácticos, todo el Ecuador puede considerarse dependiente del Puerto de Guayaquil para la recepción y distribución de importaciones y exportaciones. Guayaquil ha venido a ser el centro comercial de la República y en este sentido, las zonas que contribuyen a su desarrollo se extienden a todo el territorio del país que se dedica al comercio con el exterior, los medios de transportación de productos son de gran importancia, por esta razón un organizado y eficiente manejo del banano a través de facilidades portuarias darán como resultado un aumento en el uso del puerto marítimo para la exportación de éste.

ESTADISTICAS DE EXPORTACION NACIONAL: Los datos estadísticos tabulados a continuación, muestran lo que se ha dicho hasta aquí, tanto en el capítulo anterior, como en el presente, referente a la importancia que reviste el producto del banano y su exportación nacional.

A continuación presentamos la Tabla No. 2-1, sobre la exportación nacional de banano en miles de toneladas métricas.

TABLA 2-1

EXPORTACION NACIONAL DE BANANO EN TONELADAS METRICAS
DESDE 1949-1969

AÑOS	CANTIDAD	AÑOS	CANTIDAD
1949	16	1958	91
1950	25	1959	111
1951	31	1960	116
1952	55	1961	108
1953	53	1962	111
1954	62	1963	135
1955	78	1964	138
1956	75	1965	118
1957	85	1966	125
		1967	124
		1968	125
		1969	119

Los datos anteriores son aproximados ya que son obtenidos de un gráfico de la revista que distribuye la Dirección Nacional del Banano.

TENDENCIA DE LAS EXPORTACIONES DE TODO EL PAIS

Grafiquemos estos valores para observar la tendencia que tiene la exportación, ya que, fácilmente se observa la variación que se produce año a año.

En la figura No. 2-1, encontramos éstos valores ploteados, apliquemos la teoría de la correlación o el grado de relación entre las variables, que se van a estudiar para determinar en qué medida una ecuación lineal o de

ECUADOR : EXPORTACION DE BANANO DE 1949 A 1969

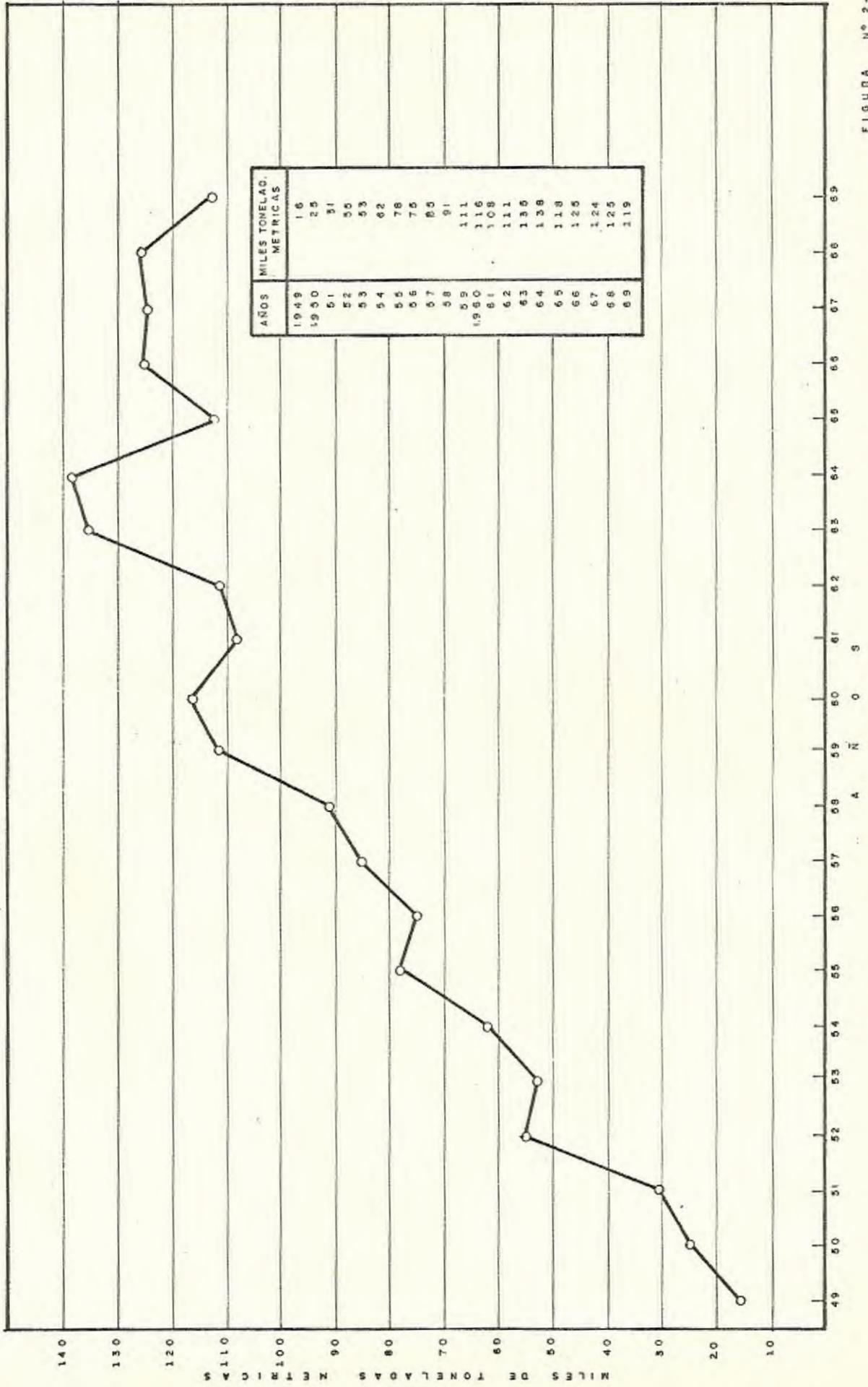


FIGURA Nº 2-1

de otro tipo, describe o explica de una forma adecuada, la relación entre variables.

Si todos los valores de las variables satisfacen exactamente una ecuación, se dice que las variables están correlacionadas perfectamente o que hay una correlación perfecta.

En el presente caso, el diagrama de dispersión muestra la localización de los puntos (x,y) x= años; y=miles de toneladas métricas, y queremos representar como una recta, la curva de aproximación, por lo que estadísticamente esta correlación es lineal.

Aplicando el método de los mínimos cuadrados para sacar el valor de la recta que se quiere que represente la tendencia de estos valores graficados, tenemos:

La función lineal que tratamos de encontrar es una función del siguiente tipo:

$$f(x) = \sum_{j=0}^r C_j X^j \quad (\text{métodos de optimización de sistemas de Ingeniería. Ing. Hugo Tobar. Pag. 25})$$

$$f(x) = C + CX.$$

Por lo tanto $r=1$, para este caso y $J=c/u$, de los casos tabulados.

La desviación entre cualquier valor tabulado Y_i y la función buscada $f(x_i)$ para la respectiva X_i , se conoce como residuo v_i ;

$$V = f(x_i) - y$$

Para efectos de simplificación de cálculo, hagamos el año 1949=1, 1950=2, sucesivamente hasta 1969=21 y aplicando la técnica de los cuadrados menores, tenemos:

$$\frac{\partial y}{\partial c_0} = 1 \qquad \frac{\partial x_i}{\partial c_j} = x_i$$

$$\sum_{i=1}^{21} (c_0 + c_1 x_i) = 0$$

21

$$\sum_{i=1}^{21} (c_0 + c_1 x_i) x_i = 0$$

$$21c_0 + c_1 \left(\sum_{i=1}^{21} x_i \right) = \sum_{i=1}^{21} y_i \quad (a)$$

$$c_0 \left(\sum_{i=1}^{21} x_i \right) + c_1 \left(\sum_{i=1}^{21} x_i^2 \right) = \sum_{i=1}^{21} x_i y_i \quad (b)$$

Para esta solución planteada desarrollamos cada uno de los sumatorios encontrados.

$$\sum_{i=1}^{21} X_i = 1+2+3+4+5+6+7+8+9+10+11+12+13+14+15+16+17+18+19+20+21=231$$

$$\sum_{i=1}^{21} X_i^2 = 1+4+9+16+25+36+49+64+81+100+121+144+169+196+225+286+289+334+361+400+441=3.311$$

$$\sum_{i=1}^{21} Y_i = 16+25+31+55+53+62+78+81+91+111+116+108+111+135+138+118+125+124+125+119=1.901$$

$$\sum_{i=1}^{21} X_i Y_i = 1 \times 16 + 2 \times 25 + 3 \times 31 + 4 \times 55 + 5 \times 53 + 6 \times 62 + 7 \times 78 + 8 \times 81 + 9 \times 91 + 10 \times 111 + 11 \times 111 + 12 \times 116 + 13 \times 108 + 14 \times 111 + 15 \times 135 + 16 \times 138 + 17 \times 118 + 18 \times 125 + 19 \times 124 + 20 \times 125 + 21 \times 119 = 22.737.$$

De estos resultados se obtiene el siguiente conjunto de ecuaciones lineales:

$$21c.+ 231 \quad c1 = 1.901 \quad (a')$$

$$231. +3311 \quad c1 = 22.737 \quad (b')$$

$$c.=64.46 \quad c1 = 2.36$$

Por lo tanto, el polinomio $f(x)$ de primer orden, que justa de la mejor manera a los datos tabulados en la tabla No. 2-1, es:

$$f(x) = 64.46 + 2.36x$$

Esto se puede ver en la figura No. 2-2, donde se aprecia la tendencia de crecimiento de exportación del producto.

ESTADISTICAS DE LAS EXPORTACIONES POR EL PUERTO DE
GUAYAQUIL

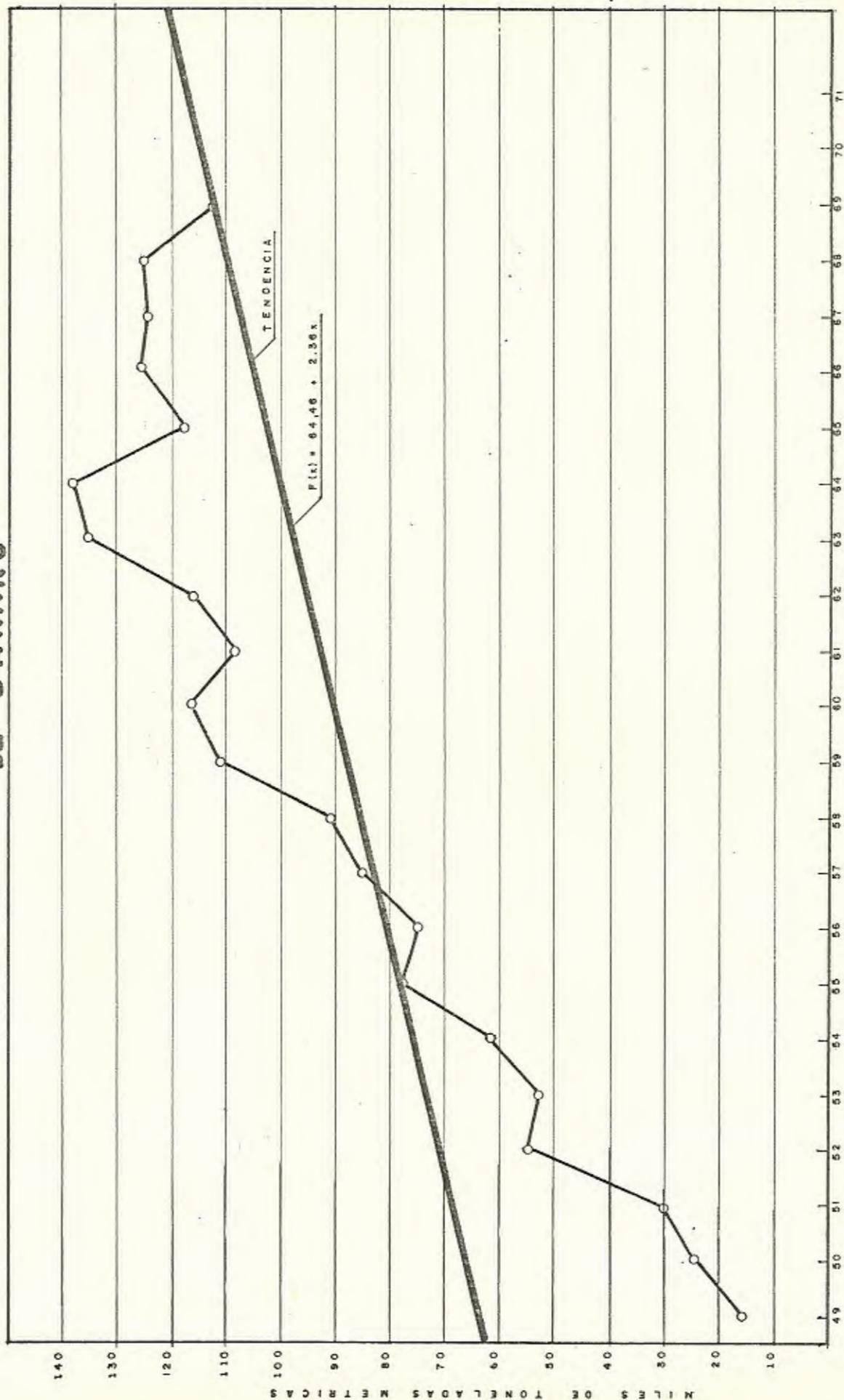
El Puerto de Guayaquil, que sin lugar a dudas, es el Puerto por donde mayor exportación de banano se realiza, esto se puede ver categóricamente el figura No. 2-3, donde consta la exportación por puertos de embarque desde 1960 hasta 1966 en forma precisa, pero desde 1966 a 1970, no se ha podido encontrar información en la dirección nacional del banano, a no ser ciertas cifras saltadas como constan en la figura anteriormente citada, estos datos se presentan en la siguiente tabla con sus valores exactos.

TABLA No. 2-2

EXPORTACION DE BANANO POR PUERTOS DE EMBARQUE
(Toneladas métricas)

AÑOS	PUER TOS	GUAYA QUIL	PUERTO BOLIVAR	ESMERAL DAS	B.DE CA- RAQUEZ	HUAQUILLAS
1960	723.727		294.118	156.566	1.354	1.837
1961	669.393		282.254	114.398	757	8.775
1962	681.042		310.438	120.430	1.504	14.952
1963	931.461		260.907	132.647	888	23.201
1964	1.027.597		226.095	117.044		11.922
1965	934.928		175.199	76.389		13.140
1966	1.041.193		153.471	62.309		7.828
1967	960.000		210.000	60.000		----

ECUADOR: TENDENCIA DE LAS EXPORTACIONES DE BANANO



A Ñ O S

FIGURA 2-2

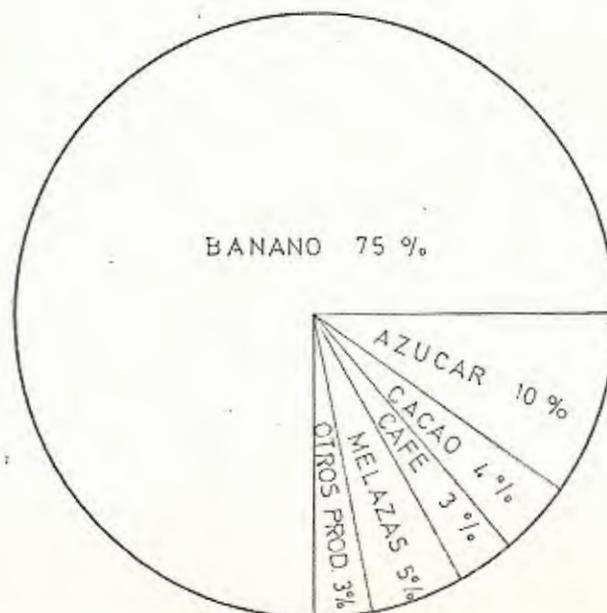
1968	969.501	238.705	50.050
1969	673.946	503.515	12.387

Durante el año 1969 se encuentra estadísticas que por el Puerto de Manta se exportó 3.753 toneladas.

En relación al tonelaje que manipulan y las facilidades disponibles de administración y operaciones, el Puerto de Guayaquil es con mucha verdad, el puerto más importante de la República. El Puerto Bolívar en estos dos últimos años ha exportado banana en tonelaje apreciable debido a su posición con los centros de producción el tonelaje de exportación que pasa a través de los otros es insignificante como se observa en la figura No. 2-3 y en la tabla No. 2-2 que no se encuentra actualizada por no disponer de mayor información estadística.

Además, dentro de las exportaciones efectuadas por el puerto marítimo de Guayaquil durante el año 1970, a continuación se puede apreciar que el banano es un producto que tiene mayor porcentaje.

PORCENTAJES DE LAS EXPORTACIONES REALIZADAS POR EL PUERTO DE GUAYAQUIL DURANTE EL AÑO 1970



EXPORTACION DE BANANOS POR LOS PRINCIPALES PUERTOS DEL ECUADOR

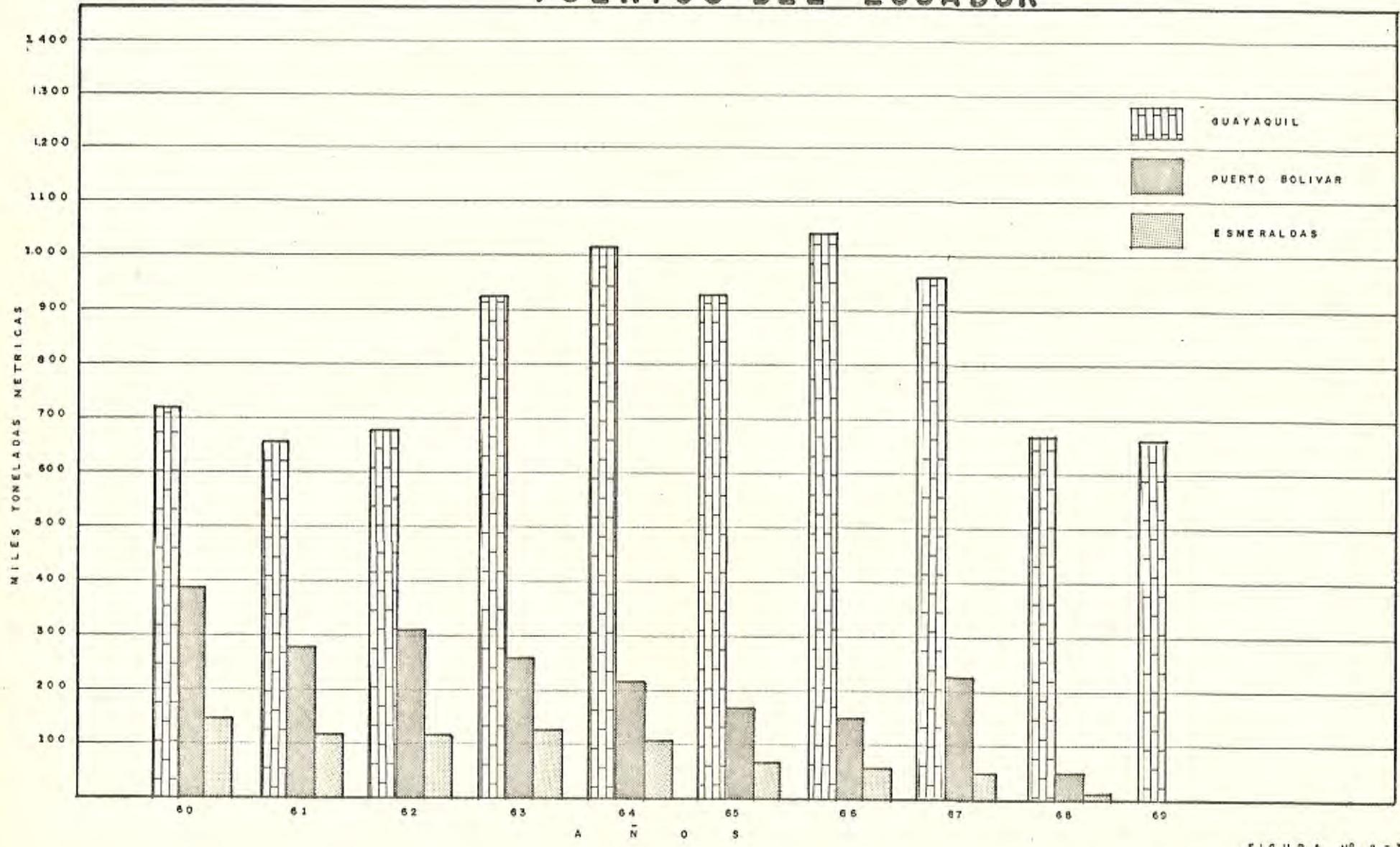


FIGURA Nº 2-3-

Este gráfico se expone resumido en la Tabla No. 2-3

TABLA No. 2-3

PRODUCTOS	TONELADAS DE IMPORTACION	%	GRADOS
Banano	663.682	75	270
Azúcar	85.644	10	36
Cacao	36.388	4	14
Café	24.026	3	11
Melazas	34.049	5	18
Otros productos	33.519	3	11

Hagamos una comparación de la exportación del banano efectuado por el Ecuador, y por el Puerto Marítimo de Guayaquil:

TABLA No. 2-4

EXPORTACION NACIONAL	EXPORTACION GUAYAQUIL	AÑO	PORCENTAJE
1'117.602	723.727	1960	62%
1'075.577	669.393	1961	62.5%
1'128.366	681.042	1962	61 %
1'349.104	931.461	1963	69 %
1'382.658	1' 027.597	1964	74 %
1'199.650	934.928	1965	83 %
1'264.801	1' 041.193	1966	82.5%
1'262.791	1' 066.384	1967	84.5%
1'251.516	968.501	1968	77.5%
1'195.966	673.946	1969	56.5%

Estos valores se grafican en la figura No. 2-4 para tener una idea en forma objetiva.

COMPARACION DE LOS PORCENTAJES DE LAS EXPORTACIONES REALIZADAS POR EL PTO DE GUAYAQUIL Y EL RESTO DE PUERTOS DEL ECUADOR

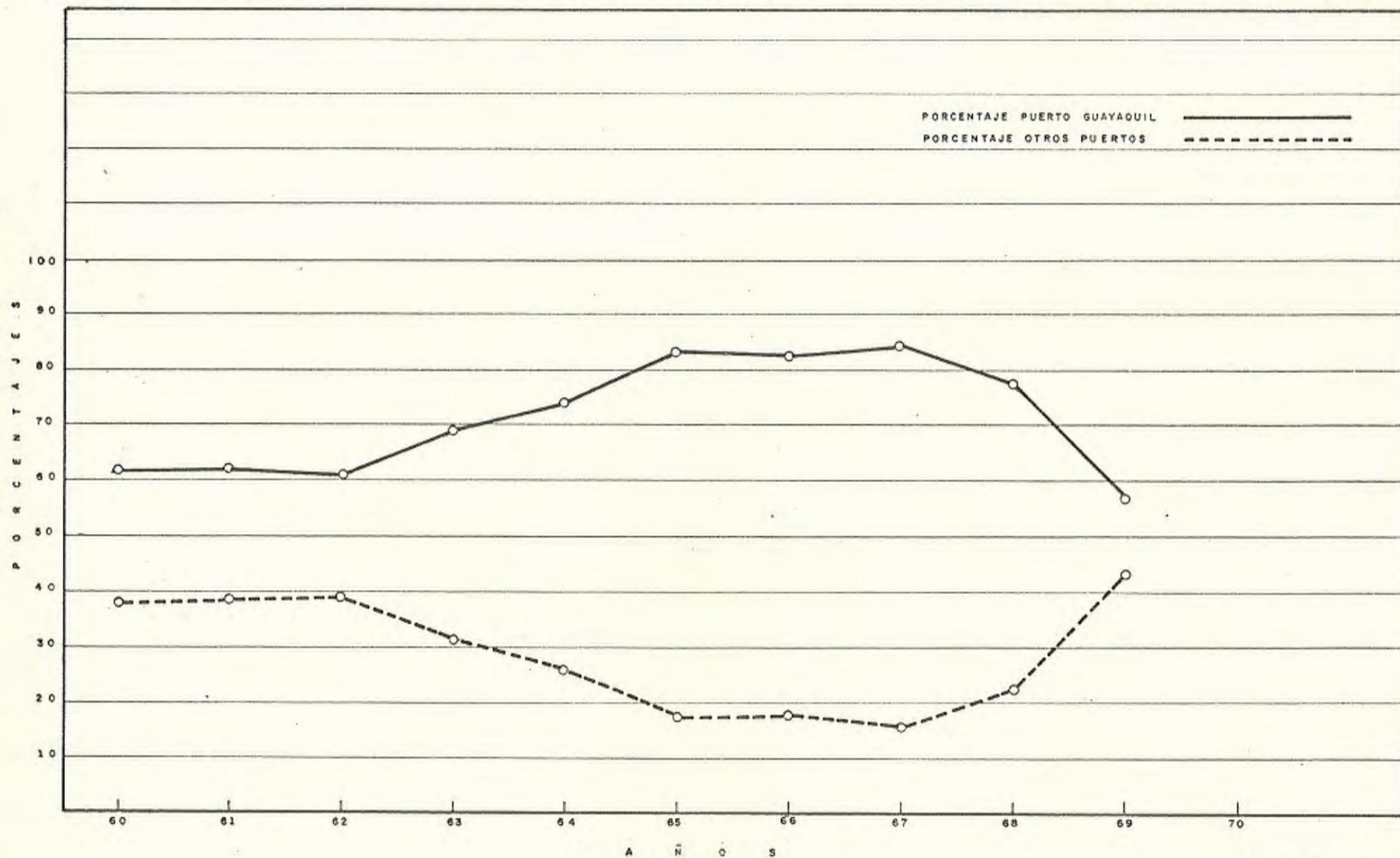


FIGURA Nº 2-4.

PREDICCIONES ESTADISTICAS

Aplicando el método de los mínimos cuadrados, se tiene la función óptima para el cálculo de las predicciones estadísticas hasta el año 1980, que, comparadas con las predicciones hechas por la PALMAR & BAKER ENGINEER, compañía que fue la que hizo los estudios de diseño del Puerto de Guayaquil, encontramos que nuestras estimaciones son mucho más conservadoras debido a que hemos tomado en cuenta el decrecimiento de las exportaciones en estos últimos años, y ellos fundamentaron sus estimaciones en función al aumento de la exportación que existía por esos años en que se hicieron los estudios.

TABLA No. 2-5

TONELAJE PROYECTADO EN MILES DE TONELADAS METRICAS POR LA COMPAÑIA PALMER & BAKER, PARA LAS EXPORTACIONES DE BANANO POR EL PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL.

AÑOS	TONELADAS DE BANANO:
1964	847
1965	932
1966	969
1967	1.008
1968	1.048
1969	1.090
1970	1.134
1971	1.179
1972	1.226
1973	1.276
1974	1.326
1975	1.380
1976	1.435
1977	1.478
1978	1.522
1979	1.568
1980	1.615
1981	1.663
1982	1.713
1983	1.765

AÑOS	TONELADAS DE BANANOS
1984	1.818
1985	1.872

La función que se ha obtenido tomando en consideración solamente los años 1960-61-62 y 68, para hacer las producciones estadísticas, es:

$$f(x) = 683.75 + 19.85x$$

Para objeto de la tabulación el valor del resultado de esta función está en miles de toneladas.

A continuación se tabula la siguiente tabla con los diferentes valores de X.

TABLA No. 2-6

Función $f(x) = 683.75 + 19.85X$

Proyección de la función $F(x)$, para diferentes valores.

AÑO PROYECTADO	VALOR X	VALOR DE F(x)
1970	0	683.75
1971	1	703.6
1972	2	723.45
1973	3	743.3
1974	4	763.15
1975	5	783.
1976	6	802.85
1977	7	822.7
1978	8	842.55
1979	9	862.4
1980	10	882.25
1981	11	902.1

AÑO PROYECTADO	VALOR X	VALOR DE F(x)
1982	12	921.95
1983	13	941.8
1984	14	961.65
1985	15	981.5

INTERPRETACION DE LA TABLA DE PREDICCIONES.

Con los datos arriba tabulados obtenidos mediante la función $F(x) = 683.75 + 19.85x$ se establece la proyección estadística para cualquier año teniendo en cuenta que la función está en relación al año 1970 que se le asigna como $X=0$; 1971 como $X=1$ y así sucesivamente.

En la Tabla No. 2-4 de la exportación del banano del Ecuador entero y el que se exporta por Guayaquil, se nota la diferente variabilidad y no el crecimiento uniforme como el expuesto en la función, esto se debe a que es una estimación como se explicó, o sea un comportamiento ideal y no real. También se aprecia el crecimiento de la exportación hasta 1967 quizás esto se deba como se estima en el capítulo anterior, a nuestra posición de desventaja con los competidores o el sector del mercado de Estados Unidos, ha llegado a su saturación y su importación ha comenzado a estacionarse.

En todo caso, tenemos obligación de ponernos a la altura de un país de la categoría que teníamos, de ser el país de mayor exportación de banano en el mundo.

ESTADISTICAS DEL MOVIMIENTO DE BUQUES BANANEROS Y TIEMPO DE ESTADIA EN EL PUERTO

El movimiento de entrada de buques según registro del terminal, durante el año de 1970 fue de 1.238 de los cuales los buques bananeros se detallan a continuación.

PROYECCIONES DE LAS FUTURAS EXPORTACIONES DE BANANO POR EL TERMINAL MARITIMO DE GUAYAQUIL

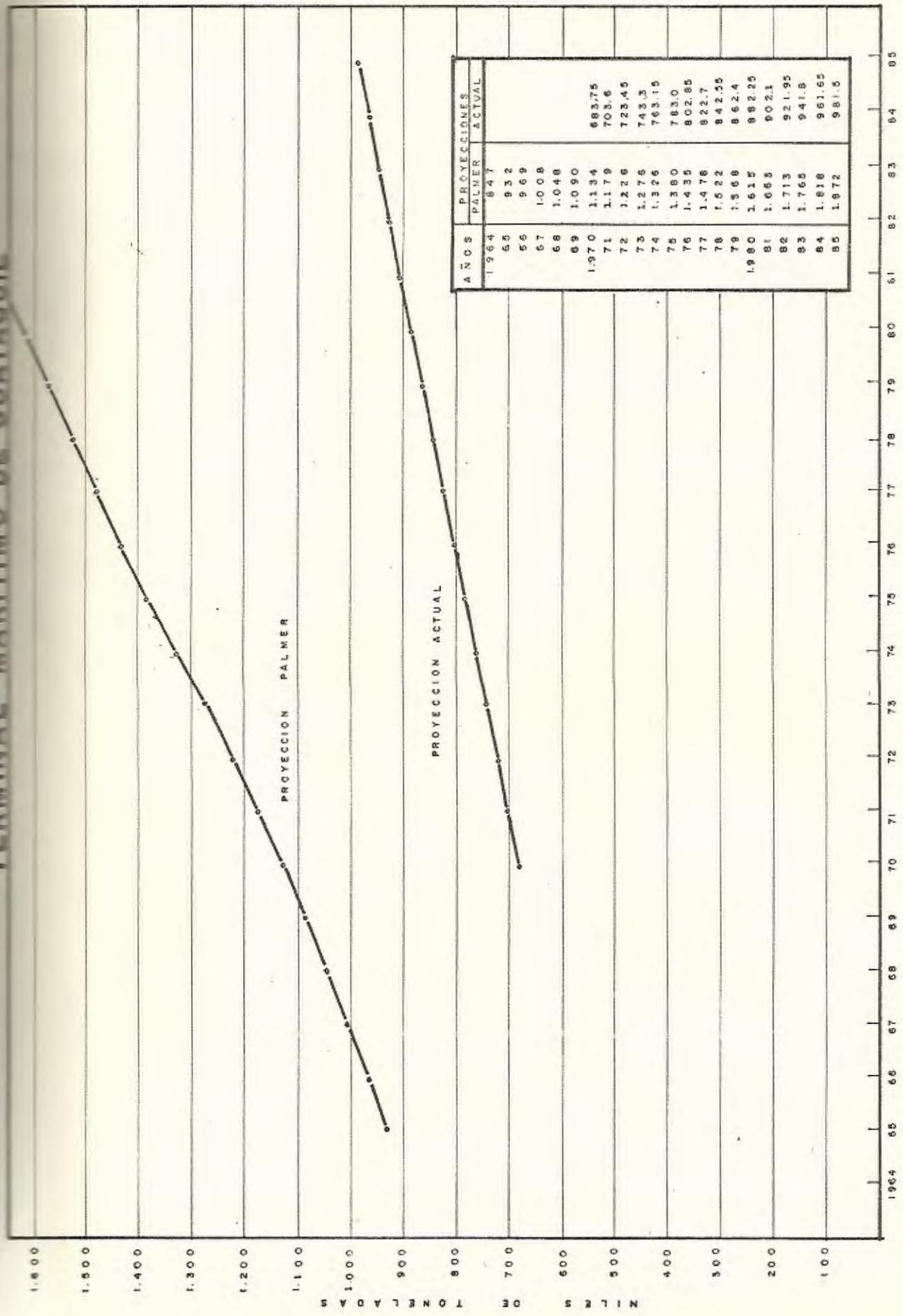


FIGURA 2-5-

A N O S

Estos datos de buques bananeros se los ha tomado de la forma No. 13 que se lleva en el puerto y su frecuencia mensual, es:

MESES	BUQUES BANANEROS	CARGA GENERAL Y BANANO
Enero	9	18
Febrero	12	16
Marzo	21	14
Abril	33	16
Mayo	22	17
Junio	15	14
Julio	15	12
Agosto	22	19
Septiembre	21	12
Octubre	22	16
Noviembre	17	15
Diciembre	<u>13</u>	<u>16</u>
	222	185

Número total de buques: 407

Promedio de buques diarios: 1.11

O sea, que el 33% de los buques que entran al puerto, son bananeros.

(Forma 13, Reportaje de trabajo y costo de operación de vapores).

El total de toneladas de banano exportado por el Puerto de Guayaquil, durante el año de 1970 es de 663.687 según las estadísticas del puerto y al ser el número de buques bananeros en total 407 el promedio de toneladas por barco es de $663.687 / 407 = 1.631$ toneladas mtes. por esta razón se estima que para tener una buena apreciación acerca del tiempo que estos buques están acoderados en los muelles del terminal marítimo, se ha escogido entre 17 buques y los que mayor

cantidad de tonelaje se les ha cargado y que se detallan en la siguiente tabla.

TABLA No. 2-7

TONELADAS EMBARCADAS DE BANANO	HORAS DE ESTADIA
3.661	38
2.334	31
2.531	28
2.519	23
2.730	37
2.765	29
2.630	42
2.507	33
2.445	31
2.766	36
2.785	24
2.718	34
2.761	37
2.278	26
2.038	35
2.495	26
<u>3.675</u>	<u>38</u>
45.638	558
=====	=====

Tiempo promedio de estadía de los buques bananeros 32.82 horas. Toneladas promedio por buque: 2.684.58. Calculamos la desviación standard para tener una distinción de la variación sacada de la muestra de los 17 buques.

La fórmula a emplearse es:

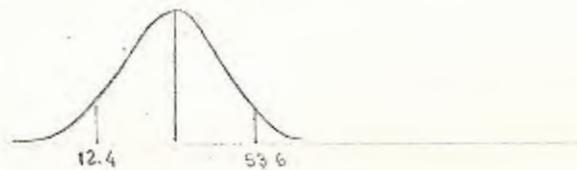
$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

(Estadística Murray Spigel. Pag.77. Edición Especial)

$$\begin{aligned}
 \sqrt{s} &= \sqrt{\frac{(38-33)^2 + (31-33)^2 + (28-33)^2 + (23-33)^2 + (29-33)^2}{17}} \\
 &\quad + \frac{(42-33)^2 + (33-33)^2 + (31-33)^2 + (36-33)^2 + (24-33)^2}{17} \\
 &\quad + \frac{(34-33)^2 + (26-33)^2 + (35-33)^2 + (37-33)^2 + (26-33)^2}{17} \\
 &\quad + \frac{(38-33)^2}{17} \\
 \sqrt{s} &= \sqrt{425} = 20.6
 \end{aligned}$$

Desvío standard = 20.6

Rango de expectación = 12.4-53.6



ESTADISTICA DE LOS BUQUES NO BANANEROS LLEGADOS AL PUERTO
DE GUAYAQUIL DURANTE EL AÑO 1971

A continuación se expone una tabla de distribución del tiempo de estadía de los buques en el muelle de Autoridad Portuaria, durante el primer trimestre de 1971, donde se establece claramente que su promedio es 24,67 horas, y por lo tanto los buques se demoran en hacer sus operaciones aproximadamente este tiempo.

En la tabla No. 2-8 se encontrará lo que acabamos de indicar.

TABLA No. 2-8

HORAS DE ESTADIA DE LOS BUQUES LLEGADOS A LOS MUELLES DE
AUTORIDAD PORTUARIA DE GUAYAQUIL EN EL AÑO 1971

MESES	HORAS ESTADIA	No. DE BUQUES
Enero	1.672	80
Febrero	2.754	97
Marzo	2.386	98
Abril	2.160	95
Mayo	2.225	107
Junio	2.197	87
Julio	1.948	96
Agosto	2.337	97
Septiembre	2.228	99
Octubre	3.067	116
Noviembre	2.623	89
Diciembre	<u>2.675</u>	<u>83</u>
TOTAL:	<u>28.272</u> =====	<u>1.146</u> =====

Promedio de estadía de un huque 24.67

Establecido este tiempo que anteriormente hemos anotado, podemos indicar que el embarque de la fruta se efectúa mucho más rápido y además se podrá lograr fuertes mejoras en todo lo relacionado a lo que se ha analizado, por lo que el proyecto se hace factible.

CAPITULO III

ANALISIS DEL SISTEMA

a).- Consideraciones a tomarse.-

1.- Facilidades actuales.

Las instalaciones del Puerto Marítimo de Guayaquil, han sido diseñadas con todas las facilidades, para realizar una operación portuaria rápida, segura y económica.

Las obras del Puerto comprenden un muelle marginal de 925.07 metros, de longitud, con capacidad para acoderar 6 buques a la vez, su construcción es sobre pilotes de hormigón pretensado de 0.45 por lado y 24,80 mts, de largo, con una carga de diseño de 50 toneladas cada una.

El muelle fue calculado para soportar una sobre-carga de 2.929 K/M2 (600/lb/ft²). Las vigas que arman la cabeza de los pilotes, son de hormigón armado sobre las que descansan los elementos de hormigón pretensado de la loza del piso, el patio delantero de operaciones en el muelle tiene 12.19 metros de ancho.

En cuatro de los cinco amarraderos del muelle se han instalado bodegas de tránsito con estructura de acero y plancha de aluminio corrugado en las paredes y cubiertas. Cada una de estas bodegas tiene una superficie utilizable de 29.392 mts². Además para el almacenamiento de carga a largo plazo, se han construido bodegas metálicas adicionales que tienen 6.080 metros cuadrados de superficie cubierta. Todas las bodegas son a prueba de incendio y están equipadas con rociadores automáticos.

Para almacenaje de ácidos dispone de una bodega con un área de 486 mts².

Las instalaciones cuentan con edificios para la administración del puerto, o sea de Autoridad Portuaria, así como también para el control y funcionamiento de las aduanas, policía y seguridad clínica para primeros auxilios, talleres para el mantenimiento de sus equipos e instalaciones, etc.

Como un complemento a las instalaciones del puerto se han colocado convenientemente cuatro boyas de amarre para buques que exclusivamente se dedican a la carga de banano para exportación por agua.

El canal de acceso desde la boya de mar hasta el puerto en un recorrido de 46 millas, tiene 121.92 mts. de ancho, con una profundidad mínima de 9,45 mts. Al pie de los muelles la profundidad mínima es de 10.66 mts (35 pies) y el ancho del canal es 320 mts. El puerto está afectado por dos ciclos de mareas; cada día, la amplitud máxima de las mareas en los canales de acceso es de 2.74 mts y en la zona al pie de los muelles 3.65 mts.

Las instalaciones del puerto están conectadas con el río Guayas y a través de éste, a la ciudad por medio de un canal de navegación para embarcaciones menores, y una esclusa con el fin de facilitar el transporte de la carga que llega o va al puerto, principalmente el banano de exportación.

La esclusa de este canal fue construída para controlar las diferencias de nivel entre el Estero Salado y el Río Guayas, la velocidad de corriente que se forma por esta diferencia de nivel y la posible sedimentación de los materiales de suspensión que transporta el indicado río.

Las compuertas de la esclusa son del tipo de sector y de estructura metálica.

La esclusa en las partes de las compuertas tiene 22.86 mts. de ancho libre, y la cámara de la misma tiene 125.92 mts - de longitud, con una profundidad mínima de 4.26 mts (14") la amplitud máxima de las mareas en la esclusa es de 3.8 - mts (12 ft 6 pulgadas), el canal de unión Guayas-Salado - tiene una profundidad mínima de 3.65 mts.

A los buques se los provee de teléfonos y agua, contando entre sus instalaciones un tanque elevado y una cisterna con 640.000 galones de capacidad total. El Puerto Marítimo está ubicado a 7 km. al Sur de los límites de la ciudad y está unida a ella por una carretera de dos calzadas de 10.5 mts. de ancho cada una, 3 vías por calzada y un parterre central de 10 mts. de ancho.

Las calzadas están construídas con pavimentos rígidos de hormigón simple recubierto por una carpeta asfáltica de protección, cada 500 mts se interrumpe el parterre para formar los pasos entre calzadas a fin de permitir el cambio de sentido de tránsito, la iluminación se hace a base de lámparas de gas mercurio instaladas en postes de hormigón con brazos metálicos ubicados cada uno a lo largo de las áreas peatonales que rematan el borde exterior de las calzadas.

Se puede decir entonces, que el puerto marítimo es moderno por las facilidades que ofrece y por consiguiente, el Puerto debe constar con un eficiente terminal marítimo para el embarque de banano.

2.- Especificaciones que debe reunir el proyecto.

Dentro del presente proyecto se estiman que para la instalación del sistema mecánico, para el embarque del banano - es necesario:

La construcción de un terminal adicional dedicado al embarque del banano, la construcción es comparable a otras unidades de las existentes, con relación al concepto del diseño, materiales y calidad de construcción.

El nuevo atracadero deberá ser con aguas profundas, o sea la misma del muelle marginal existente, es decir, de 35 - pies durante la bajamar extrema, en el frente del muelle y con una longitud de 607 ft (185mets).

Además, a continuación de este atracadero se debe construir un descargadero para el banano que es transportado por barcazas, con una profundidad de 14 ft desde la marea más baja , una longitud de 500 ft y un ancho de 70 ft desde la línea de margen del muelle. (152 y 21 mts).

Las especificaciones técnicas y normas de calidad de construcción que debe reunir el proyecto, estarán de acuerdo a las sociedades y asociaciones reconocidas mundialmente, además, se presenta a continuación ciertos detalles que deben considerarse.

Materiales que deberán dragarse.

Los materiales que deben dragarse consisten en depósitos sedimentarios de arcilla, fango, arena y material conchoso.

- 1.- SECUENCIA DE CONSTRUCCION DIQUE DE ROCA Y RELLENO HIDRAULICO.- Es de vital importancia que los diques de roca, relleno hidráulico y la sobrecarga, sean hechos

tan rápido como sea factible, a fin de que la consolidación pueda ser alcanzada antes que la construcción de las estructuras y servicios, sea comenzada.

2.- MATERIAL.-ROCAS:

Para los diques se seleccionará piedra dura, resistente, piedra de cantera de primera calidad no sujeto a deterioro por el agua.

Relleno Hidráulico: El material usado en el relleno será arena gris y café, gruesa o fina, no cohesiva.

Hormigón y Armadura:

- a).-Cemento: será cemento portland, una sola marca de primera calidad, tipo I.
- b).- Agregado Grueso: Será piedra triturada de acuerdo a lo siguiente:
 - 1.- El total de las materias nocivas no excederá del 5% por peso.
 - 2.- Los granos delgados y alargados no excederán del 15% por peso, todo grano cuyo largo sea 5 veces mayor que su promedio de grueso, será considerado delgado y alargado.
 - 3.- Todo el agregado será uniformemente graduado de grueso a fino.
- c).-Agregado fino: Será limpio, lavado, arena natural o triturada.
- d).-Agua: Será limpia, clara, libre de aceites, ácidos, alcalis o cualquier otra materia nociva en cantidad perjudicial.

Clase de Hormigón: El hormigón empleado en la obra será:

A1= Todo el hormigón, excepto el expresado en las siguientes clases.

A2-1/2= Hormigón vaciado en masa.

B1= Todos los pilotes prefabricados de hormigón pretensado y las unidades de losa del muelle.

Clase hormigón	Factor mínimo de cemento sa co por yard.3	Contenido max.de ag. G-por saco	Tamaño nominal agreg.	Consistencia límite de asent.pulg.	Resist. mínima a la compr. lb/pulg.2
A1	5.5	6.5	1" # 4	2-4	3000
A2-1/2	5	7.0	2-1/2" # 4	2-4	3000
B1	7	5.0	1" # 4	2-4	5000

El contenido máximo de agua incluirá la humedad superficial libre de los agregados.

El hormigón tendrá un aglomerante porta aire añadido a la mezcla durante la operación de amasado, en las cantidades necesarias para obtener de 3 al 6% de porosidad por volumen de hormigón. El hormigón será dosificado por peso. Los pesos totales de los ingredientes usados en la mezcla serán regulados de tal manera que el contenido de cemento por yarda cúbica de hormigón en sitio, no será menor al mínimo especificado para la clase de hormigón.

PILOTES DE CARGA PREFABRICADOS PRETENSADOS DE HORMIGON.- Los pilotes serán fabricados con hormigón de clase B1, cada pilote es diseñado para ser prefabricado en una unidad monolítica, en la fuerza de pretensado aplicada por métodos de tensión previa usando hilo de acero sin forro, sin esfuerzo interno, y de alta resistencia a la tensión. Los hilos pretensados serán colocados simétricamente en los pilotes y se extenderán en toda la longitud del pilote en líneas rectas y paralelas.

Los pilotes serán hincados hasta una resistencia final que indique una capacidad de carga de seguridad de 35 a 50 toneladas, determinada por la fórmula que sea apropiada: 1) $R = \frac{2wh}{S+0.1}$ * para martinetes de vapor de acción directa.

2) $R = \frac{2h(w+AP)}{S+1}$ * para martinetes de vapor de acción doble.

Donde:

R = capacidad de carga de seguridad.

(*Pag.9-05 Especificaciones del Puerto Marítimo) .

W= Peso en libras de las partes golpeantes del martinete
 h= Altura de caída del martinete en pies
 A= Area del pistón en pulgadas cuadradas.
 P= Presión del vapor en lb/pulgadas² en el martillo
 S= El promedio de penetración, en pulgadas por golpes por los últimos 10 a 20 golpes.

Estas fórmulas se aplican solamente cuando:

La maza tiene una caída libre
 La cabeza del pilote no es averiada
 La penetración es razonablemente rápida y uniforme
 No hay un rebote sensible después del golpe
 No se usa mecanismo de guía adicional para el pilote.

(Si ocurre el rebote se restará dos veces la altura de rebote) del valor "h" para determinar su valor en la fórmula.

UNIDADES DE LOZA DEL MUELLE

El hormigón debe satisfacer los requisitos aplicables para hormigón clase B1.

El alambre de pretensado debe ser alambre redondo, llano, con un diámetro para pretensado de 0.196 de pulgadas y con un diámetro para post-tensado de 0.276 de pulgadas.

Las unidades de la loza del muelle deben ser cuidadosamente colocadas en los cabezotes de los pilotes de manera tal que no tenga lugar en ellos excesivas fatigas o esfuerzos. Las áreas de apoyo en el fondo de las trabas entre las lozas deben ser selladas para asegurar se contra las filtraciones cuando se hormigonen las trabas. Debe tenerse cuidado para asegurar una precisa alineación de los agujeros a ser usados para los alambres de post-tensados.

Después que todas las lozas han sido colocadas en la sección a ser post-tensionado, deben ser mantenidas juntas con suficiente fuerza para proveer un buen cierre entre las unidades. Los agujeros para los alambres de post-tensado deben ser contínuos desde un lado de la sección a otro antes de ser masillado de las trabas.

Los alambres deben ser cuidadosamente pasados a través de los agujeros, deben ser uniformemente tensionados a 9.000 lb. por alambre mantenido por cerrojos mecánicos o anclajes.

SISTEMAS DE DEFENSAS

Los pilotes de madera serán de primera clase aprobado, como el pino amarillo usando un tratamiento a presión de creosota, de alquitrán de hulla, como una solución de retención no menor de 20 lb/pie³ o pilotes de laurel o mangle pero sin tratamiento.

b) Ubicación del Mecanismo.-

La ubicación más apropiada para el montaje del mecanismo y de la construcción del terminal para desembarcar banano es al Este del actual terminal del puerto marítimo, o sea para el lado del estero Cobina, esta zona es de gran facilidad de bido a que las barcazas que vienen del Río Guayas hacen utilización de la esclusa a través de este estero; y se eliminaría de esta manera, todo el tránsito de barcazas por el canal de acceso de los buques a los muelles para la carga - en general.

Estas barcazas pasan a través de la esclusa con banano que se embarca por agua exclusivamente, y que representa un porcentaje promedio de 22.8% de las exportaciones hechas por el Puerto de Guayaquil, durante los últimos cinco años o

sea, desde 1966-1970; siendo este un porcentaje considerable y que se exponen en la siguiente Tabla para mejor comprensión y análisis de la situación tratada.

TABLA No. 3-1

TRAFICO POR EL CANAL GUAYAS-SALADO

AÑOS	TONELADAS EN TRAFICO POR LA ESCLUSA	% EN RELACION CON LA EXPORTACION TOTAL
1966	183.247	18.8
1967	204.001	19.2
1968	193.537	20.0
1969	178.161	26.4
1970	197.330	29.6

Promedio por años 22.8%.

En la tabla No. 3-1, también podemos notar que el porcentaje de utilización para los embarques de banano por barcazas ha sufrido un incremento por lo que se justifica tomar en consideración el tráfico de las barcazas para la construcción del muelle para descargar el banano desde ellas.

FACILIDADES

c).- Facilidades.- Las facilidades con que consta el presente proyecto se esquematizan a continuación y en el próximo capítulo se dan los cálculos detallados, sin considerar el nuevo muelle donde se distribuirá el equipo.

El sistema mecánico de manipulación de banano, consiste de tres estaciones para la descarga desde las barcazas conectadas a transportadores para las bodegas de almacenaje y a la grúa para embarcar el banano a los buques por sus escotillas.

El número de bodegas para el almacenaje con que consta el proyecto, es de cuatro con un área de 1904 metros cudrados bajo techo, pero sin paredes laterales; estas bodegas tienen una plataforma de descarga de camiones con espacio de 18 vehículos colocados en posición de descarga.

Las cuatro estaciones para descarga de banano desde las barcazas están diseñadas para descargar el producto hasta una capacidad total de 220 toneladas métricas por hora, las barcazas atracarán a lo largo de cada lado de un flotador sobre el cual está engoznado un transportador que sigue las altas y bajas mareas y que conduce - las cajas hasta el sistema de transportadores fijos en tierra.

La grúa está diseñada para prestar un buen servicio, se ha considerado que la variación de la marea en el puerto, es de aproximadamente 3.66 mts. Debajo de la plataforma del muelle el nivel del agua en marea alta es hasta 6ft (1.83 mts) y en marea baja 18 ft (5.5mts.)

Los buques que llegan con una carga mediana cuando la marea está alta, sobresalen de la plataforma del mue-lle y con una carga completa en mareas bajas, quedan casi al mismo nivel con el muelle, aún bajo estas condi-ciones se opera con rapidez y delicadeza.

El equipo tendrá una capacidad para almacenar (asumiendo un factor de servicio del 75%) aproximadamente 220 toneladas métricas por hora por buque, que reduce a me

nos de la mitad de las horas de estadía de acuerdo al tiempo promedio de estadía y toneladas promedio por buque, que se embarcan actualmente.

Dando margen a las irregularidades en las llegadas de los buques, entrega de banano al puerto, y a la variedad de embarques individuales, el tiempo promedio de estadía de cada uno de los buques se calcula será de aproximadamente 14 horas para embarques grandes, o sea 3.600 toneladas, con lo que se lograría una eficiencia mayor en relación a cualquier procedimiento seguido actualmente.

d) DISTRIBUCION DEL EQUIPO.- El equipo mecánico para embarcar el banano se encontrará distribuído sobre el nuevo muelle que se construirá y también en el muelle para embarcar el banano que se transporta por agua, o sea el que conducen las barcazas.

Son parte de este equipo, los muelles para los respectivos embarques a los buques, ya sea por tierra o por agua. Las bodegas de almacenaje, los transportadores que conducirán el producto a las bodegas para que posteriormente sean transportados a las bodegas de los buques, los transportadores que conducirán directamente el producto a los buques, las grúas que introducirán el banano a las bodegas de los buques cuando la marea esté alta, y, los transportadores que conducirán las cajas o racimos de banano desde las barcazas.

Sobre el muelle para la descarga del banano que es transportado en camiones, se encuentra distribuído todo el equipo principal y viene a constituir este muelle el centro de embarque ya que en él tiene que acoderar los buques que transportarán el banano al exterior; sobre este muelle se encontrarán convenientemente situadas, las bodegas para almacenaje, también habrá

espacios suficientes para almacenar racimos y otros para almacenar cartones, pero sin cubrimiento de techos.

Dentro de este muelle se encuentra también la grúa que se deslizará sobre rieles y que embarcará el banano por las escotillas y portalones de los buques, los rieles están perfectamente situados a una distancia del borde del muelle para que de esta manera la grúa pueda ser deslizada hacia un lado u otro, además se encuentran todos los sistemas de transportadores que se repartirán de una manera óptima para un eficiente embarque y en números suficientes que conducirán al banano tanto para los bodegas de almacenaje como directamente hacia la grúa o a las bodegas de los buques cuando la marea esté baja, teniendo en cuenta que para esta última operación se tiene que ayudar de transportadores portátiles para facilitar las operaciones.

El muelle para descargar el banano que se transporta por agua hacia el puerto, también está localizado exactamente en un lugar conveniente para de esta manera acoplar los transportadores que se colocarán en cada uno de los flotadores y por medio de otros transportadores fijos sobre el muelle principal o directamente hacia las bodegas del buque o también a la grúa.

CAPITULO IV

COMPONENTES DEL SISTEMA, CALCULOS Y SELECCION DE MATERIALES

A).- Bodegas de almacenaje:

Las bodegas de almacenaje que forman el presente proyecto son: 4, una para almacenaje de racimos y 3 para el almacenaje de cajas, sus diseños están expuestos en los planos correspondientes que se exponen en la sección pertinente de esta tesis, procediendo a continuación con el cálculo y selección de materiales.

1) Bodega para almacenaje de banano.

Para el cálculo de las armaduras se han tomado en consideración, las siguientes cargas:

- 1.- Peso propio de la armadura
- 2.- Peso de la nieve (para nuestro caso no se toma en cuenta esta clase de carga).
- 3.- Peso de la super estructura del techo, estas cargas, en proyección horizontal, varían según el tipo de la cubierta y la pendiente del techo.
- 4.- Presión del viento. Con respecto a esta carga se tiene que considerar dos hipótesis, con relación a la dirección del viento, al chocar superficies inclinadas (techos).
 - a) La dirección del viento se considera horizontal.
 - b) La dirección del viento se considera inclinada 10° con respecto al plano.

En cuanto a la presión que ejerce el viento normalmente (V_n) a la superficie del techo, también hay dos hipótesis.

- a) $V_n = V_p \cdot \text{sen}^2 \alpha$ (para viento horizontal)
- $V_n = V_p \cdot \text{sen}^2 (\alpha + 10^\circ)$ (para vientos inclinados a 10°).

Estas son fórmulas teóricas de Newton.



$$b) V_n = V_p \cdot \sin \alpha \quad (* \text{ pag.393 })$$

$$V_n = V_p \cdot \sin (\alpha + 10^\circ)$$

Estas fórmulas son basadas en ensayos prácticos de Losst.

1.- PESO PROPIO DE LA ARMADURA.-

Peso propio de la armadura: Consideraciones Generales.-

Según lo proyectado en nuestro caso se trata de armaduras estáticamente determinadas, ya que se cumple la relación $b = 2n - 3$; en esta fórmula:

b = número de barras

n = número de nudos

Según la figura No. 4.1, de la armadura, el número de barras es igual a 21;

El número de nudos es igual a 12.

Aplicando la ecuación: $b = 2n - 3$, tenemos:

$$b = 2 (12) - 3 = 21$$

que coincide con el número de barras y por lo tanto, concluimos que son armaduras estáticamente determinadas.

Inclinación de las armaduras:

$$\text{Pendiente} = \frac{1.2}{4.5} = 26.7\%$$

$$\text{Angulo} \quad (\alpha) = 15^\circ$$

Tipo de estructura en cuanto a la carga:

Se considera una estructura liviana debido al poco esfuerzo que va a soportar. Se considera además, como dato aproxi

(*Calculista de estructuras Ing. Simón Goldenbörn. Edito - rial H.F.Martínez de Murguía. Año 1966m onceava edición)

mado 15 kg/m² el peso propio de la armadura que se obtiene como resultado de la siguiente fórmula empírica: $g = ka \frac{b+1}{b}$ donde: (*pag.392)

a= luz de la armadura

b= largo de la bodega o galpón

k= una constante, cuyos valores se presentan en la siguiente tabla.

TABLA No. 4-1

(pag.392)

Valores de K-

Luces de la armadura (a)	hasta 10 mt.	hasta 15 mt.	20 hasta 25 mt.
Super estructura liviana (k)	1	0.8	0.75
Super estructura pesada (k)	1,1	0.9	0.87

(* Calculista de estructuras Ing. Simón Goldenhorn. Editorial H. F.Martínez S.A.C. onceava edición año 1966).

La siguiente fórmula nos sirve para obtener el peso en proyección horizontal: $g' = \frac{g}{\cos \alpha}$ (*pag.392)

Según las fórmulas dadas anteriormente, tenemos:

$$g = 18 \times 0.75 = \frac{27+1}{27} = 14$$

$$g' = \frac{14}{\cos 15} = \frac{14}{0.965} = 14.7 \quad \approx 15 \text{ kg/m}^2$$

2 .- PESO DE LA NIEVE

El peso de la nieve, para nuestro caso es cero, debido a que no existe este tipo de carga en nuestro medio.

3.- SUPER ESTRUCTURA DEL TECHO:

Peso de la super estructura del techo, características.

Se usará planchas de cemento asbesto ardex 8 pies. Para cubrir el área de las bodegas se necesita 240 planchas y 28

caballetes.

Luego se considera un peso de 12 kg/m².

Peso entramado de madera 15 Kg/m²

4.- PRESION DEL VIENTO:

La presión del viento se la considera:

En proyección vertical = 40 Kg/m²

En proyección horiz. $V_v = \frac{40}{\cos 15^\circ 0.9659} = 41.5 \text{ kg/m}^2.$

5.- CARGA VIVA:

Se considera la carga viva a los racimos que van a ser colgados, la capacidad de la bodega es 759 racimos que producirá una carga de 110 kg/m².

A continuación se hace una agrupación de las cargas para el cálculo de la armadura y se especifica la distribución de éstas.

Separación entre armaduras = 3 mts.

PESO DE LA CUBIERTA:

Peso propio de la armadura	15 kg/mts ²
Peso entramado de madera	15 kg/mts ²
Peso cubierta ardex	12 kg/mts ²
Peso racimos	<u>110 kg/mts²</u>
	152 kg/mts ² .

El peso en proyección horizontal es: $\frac{152}{\cos 15^\circ 0.965} = 155 \text{ kg/mts}^2$

La presión del viento en proyección horizontal = 42 kg/mts².

CARGA QUE ACTUA SOBRE EL NUDO A:

Cubierta: $1/2 (3 \times 3 \times 155) = 684 = \text{kg.}$

Viento vertical: $1/2 (3 \times 3 \times 42) = 189$

Carga total sobre el nudo = $684 + 189 = 873 \text{ Kg.}$

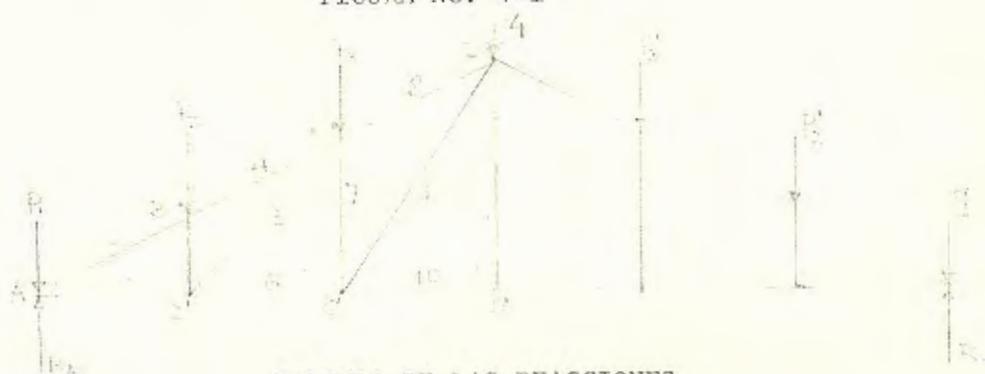
CARGA QUE ACTUA SOBRE LOS NUDOS B,C,D:

Cubierta: $3 \times 3 \times 155 = 1368 \text{ Kg.}$

Presión viento = $3 \times 3 \times 42 = 378 \text{ Kg.}$

Total sobre los nudos B,C,D = $1368 + 378 = 1746$

FIGURA No. 4-1



CALCULO DE LAS REACCIONES

Las reacciones las calculamos con las siguientes ecuaciones de equilibrio estático:

$$\sum X = 0$$

$$\sum Y = 0$$

$$\sum M = 0$$

Aplicando estas ecuaciones, tenemos:

$$\sum X = 0 \quad (1)$$

$$\sum MA = 18 R_b - 18P'_1 - 3 P_2 - 15 P'_2 - 6P_3 - 12 P'_3 - 9 P_4 = 0 \quad (3)$$

$$\sum Y = R_A + R_B - P'_1 - P_1 - P'_2 - P_2 - P'_3 - P_3 - P_4 = 0 \quad (2)$$

Desarrollando la ecuación (3):

$$18 R_b = 18 P' + 3 P_2 + 15 P_2' + 6 P_3 + 12 P_3' + 9 P_4 \quad (3)$$

En esta ecuación despejamos el valor R_b y reemplazamos los valores de las cargas:

$$R_b = \frac{18 (873.5) + 3 (1746) + 15(1746) + 6 (1746) + 12 (1746) + 9 (1746)}{18}$$

$$R_b = 5238$$

Reemplazando este valor en la ecuación (2) y dando los valores a las cargas, se tiene que:

$$R_A = P_1' + P_1 + P_2 + P_2' + P_3 + P_3' + P_4 - R_B$$

$$R_A = 873 + 873 + 1746 + 1746 + 1746 + 1746 + 1746 - 5238$$

$$R_A = 5238$$

Luego, las reacciones en los extremos de la armadura son iguales, por lo tanto $R_A = R_B$.

ANALISIS DE CADA UNA DE LAS BARRAS DE LA ARMADURA

Nudo A.



$$\Sigma X = AB' + AB \cos 15^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = R_A - P_1 + AB \sin 15^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = 5238 - 873 + 0.26AB = 0$$

$$AB = 16.918.6$$

$$AB' - 16.918.6 \cos 15^\circ = 0$$

$$AB' = 17.532.2$$

Nudo B.



$$\Sigma X = B'C \cos 15^\circ - AB \cos 15^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = R_B - P_2 + BC \sin 15^\circ - AB \sin 15^\circ = 0$$

$$\Sigma X = 0.966 BC - 0.966 AB = 0$$

$$BC = AB$$

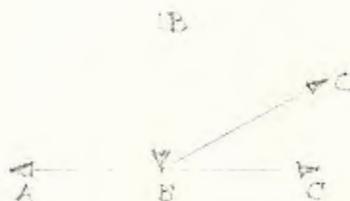
$$BC = -16.918.6$$

$$\Sigma Y = -BB' - 873 + 0.258 (16.918.6) - (16.918.6) 0.258 = 0$$

$$- BB' - 873 = 0$$

$$BB' = -1746$$

Nudo B' :



$$\Sigma X = B'C' - AB' + B'C \cos 27.5^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = -BB' + B'C \sin 27.5^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = 0$$

$$B'C = \frac{1746}{0.887} = -1968.4$$

$$B'C' = \frac{AB' - B'C \cos 15^\circ}{0.462}$$

$$B'C' = \frac{17.532 + 1968.4}{0.462} = 42.209.1$$

Nudo C:



$$\Sigma X = CD \cos 15^\circ - BC \cos 15^\circ - B'C' \cos 27.5^\circ = 0$$

$$\Sigma Y = -P_3 - CC' + CD \sin 15^\circ - BC \sin 15^\circ - B'C' \sin 27.5^\circ = 0$$

$$\Sigma X = 0$$

$$0.966 CD + 16.968.6 \times 0.966 + 0.88(1968.4) = 0$$

$$CD = \frac{-16.326.4 - 1745.9}{0.966} = -18727.8$$

$$\Sigma Y = 0$$

$$-1746 - CC' - 18727.8 \times 0.259 + 16.918.6 \times 0.965 + 1968.4 \times 0.887 = 0$$

$$CC' = -11.494.6$$

Nudo C' :



$$\sum X = C'D' - B'C' + C'D \cos 38.5^\circ = 0$$

$$\sum Y = cc' + C'D \sin 38.5^\circ = 0$$

$$\sum Y = 0$$

$$11494.6 + 0.622 C'D = 0$$

$$C'D = 18.465.2$$

$$X = 0$$

$$C'D' = B'C' - C'D \cos 38.5^\circ = 0$$

$$C'D' = 42209.1 - 18465.2 (0.7826)$$

$$C'D' = 27.758.2$$

BARRAS	DENOMINACION SEGUN LOS NUDOS	RESIST.KG.
1	A B'	17.532.2
2	A B	16.918.6
3	B B'	1746
4	B C	16.918.6
5	B'C	1.968.4
6	B'C'	42.209.1
7	C C'	11.494.6
8	C D	18.727.8
9	C'D	18.465.2
10	C'D'	27.758.2

CALCULO DE LAS AREAS Y SELECCION DE LOS PERFILES

Barra No. 6.

Se usará acero perfilado para toda la armadura, cuyas tensiones admisibles son:

Tracción: 1.200 Kg/cm² =

Compresión: 1.200 Kg/cm² =

Fórmula que se emplea:

$S = P/\sigma$ (Pag.365 calculista de estructuras Ing. S.Goldenhorn)

Módulo de elasticidad: 2'200.000 Kg/cm².

$$\text{Area necesaria: } \frac{42.209.1}{1.200} = 35.17 \text{ cm}^2$$

Reducido a pulgadas cuadradas, tenemos $35.17 \text{ cm}^2 = 5.45$.

Se considera la barra No. 6, porque es la que mayor esfuerzo de tracción sufre en el cordón inferior y por lo tanto se la considera modelo para seleccionar la sección necesaria en todo el cordón inferior de la armadura.

El material se seleccionará según el manual " Steel Construction " haciendo las reducciones pertinentes.

En el cordón inferior se usará dos ángulos de $4 \times 4 \frac{3}{8}$ pulgadas. Se escoge un poco mayor que el área para que al utilizar los remaches no produzca alguna falla en la armadura y además como seguridad.

BARRA No. 8:

Sirve para el cálculo del cordón superior porque la barra No. 8, es la que mayor compresión sufre, la fórmula que se emplea para hacer la selección del material es:

$$I_{x-y} = nPh^2 \quad (\text{ pag.366-396 Calculista de estructuras Ing. Simón Goldenhörn })$$

Aplicando la fórmula tenemos:

$$I_{x-y} = 2.4 \times (3)^2 \times 18.727.8 = 404.5$$

Donde:

I_{x-y} = momento de inercia con respecto a los ejes x-y

n = 2.4 factor

P = carga que actúa en toneladas

h = altura en metros

$$404.5 \text{ cm}^4 = 9.71 \text{ pulg.}^4$$

El cordón inferior usará dos ángulos de $4'' \times 4'' \times 7/16''$.

BARRA No. 3:

I_{x-y} (necesario por pandeo)

$$I_{x-y} = nh^2 p = 2.4 \times (0.8)^2 \times 1.75 = 3.28$$

$$3.28 \text{ cm}^4 = 0.0788$$

Para esta barra usamos un ángulo de 2" x 2" x 1/8"

BARRA No. 5:

$$\text{Area necesaria} = \frac{1968.4}{1.200} = 1.64 \text{ cm}^2$$

$$1.64 \text{ cm}^2 = 0.25 \text{ pulg.}^2$$

Para esta barra seleccionamos:

Un ángulo de 2" x 2" x 1/8"

BARRA No. 7:

Se calcula el momento de inercia necesario por pandeo.

$$I_{x-y} = 2.4 \times (1.6)^2 \times 11.49 = 70.62$$

$$70.62 \text{ cm}^4 = 1.69 \text{ pulg.}^4$$

Se escoge:

Dos ángulos de 3" x 3" x 1/4"

BARRA No. 9:

$$\text{Area necesaria} = \frac{18.465.2}{1.200} = 15.39 \text{ cm}^2$$

$$15.39 \text{ cm}^2 = 2.38 \text{ pulg.}^2$$

Se escoge:

Dos ángulos de 3" x 3" x 1/4"

REMACHES:

El diámetro de los remaches está en relación con el espesor de la chapa más delgada a unir. Siendo la chapa más delgada el ala de los ángulos seleccionados de 1/8 de pulgadas.

Fórmulas para el cálculo del diámetro de los remaches:

$$d = \sqrt{5e} - 0.2 \quad (* \text{ pag. } 397)$$

$d = \varnothing$ del remache en cm.

$e =$ espesor de la chapa a usarse en cm.

Para poder calcular los remaches de nuestra armadura hacemos la reducción del ala del ángulo.

$$1/8 \text{ pulg} = 0.32 \text{ cm. (espesor del ala del ángulo más delgado)}$$

Aplicando la fórmula:

$$d = \sqrt{5 \times 0.32} - 0.2 = \sqrt{1.6} - 0.2 = 1.26 - 0.2 = 1.06 \text{ cm.}$$

Usaremos remaches de 13 m.m.

CALCULO DEL NUMERO DE REMACHES

Para el cálculo del número de remaches en las barras utilizamos la siguiente fórmula:

$$s = P/\rho \quad (* \text{ pag. } 364)$$

Donde:

$s =$ sección necesaria en cm.

$P =$ carga en Kg.

$\rho =$ Coeficiente de trabajo al corte 800 Kg/cm².

Luego recurrimos a la tabla No. 4-2 que se escribe en la siguiente página, desde donde se establece el número de remaches.

Sección necesaria de remaches (a doble corte)

(* Calculista de estructuras Ing. Simón Goldenhorn Edit. H. F. Martínez de Murguía S.A.C. Año 1966. Onceava edición)

TABLA No. 4 - 2

RESISTENCIA DE REMACHES AL CORTE KG. Y AL APLASTAMIENTO

NUMERO DE REMACHES	DIAMETRO DE REMACHES m.m.	SECCION Cm ² .	RESISTENCIA AL CORTE Kg.	APLASTAMIENTO	
				Espesor chapa m.m.	Kg.
1	13	1.33	1.000	4 - 5	830 - 1040
2		2.65	2.100	4 - 5	1660 - 2080
3		3.98	3.200	4 - 5	2490 - 3120
4		5.30	4.200	4 - 5	3320 - 4160
5		6.64	5.300	4 - 5	4150 - 5200
1	16	2.01	1.600	6 - 7	1550 - 1800
2		4.02	3.200	6 - 7	3080 - 3600
3		6.03	4.800	6 - 7	4620 - 5400
4		8.04	6.400	6 - 7	6160 - 7200
5		10.05	8.000	6 - 7	7700 - 9000
1	19	2.83	2.260	8 - 10	2430 - 3040
2		5.67	4.540	8 - 10	4860 - 6080
3		8.50	6.800	8 - 10	7300 - 9120
4		11.34	9.080	8 - 10	12100 - 15200
5		14.17	11.300	8 - 10	12100 - 15200
1	22	3.80	3.050	10 - 12	3500 - 4200
2		7.60	6.080	10 - 12	7000 - 8400
3		11.4	9.100	10 - 12	10500 - 12600
4		15.2	12.100	10 - 12	14000 - 16800
5		19	15.000	10 - 12	17500 - 21000
1	25	4.9	3.900	10 - 12	4000 - 4800
2		9.8	7.850	10 - 12	8000 - 4600
3		14.7	11.800	10 - 12	12000 - 14400
4		19.6	15.700	10 - 12	16000 - 19200
5		24.5	19.600	10 - 12	20000 - 24000

BARRA No. 6.

$$s = \frac{42.209.1 \text{ kg}}{2 \times 8} = 26.3 \text{ cm} \quad 5 \text{ Remaches de } 13 \text{ m.m. } \emptyset$$

BARRA No. 5:

Sección remaches doble corte.

$$s = \frac{1968.4}{800} = 2.46 \quad 2 \text{ remaches de } 13 \text{ m.m. } \emptyset$$

BARRA No. 9:

Sección remaches doble corte.

$$s = \frac{18.727.8}{3 \times 800} = 11.70 \quad 5 \text{ remaches de } 13 \text{ m.m. } \emptyset$$

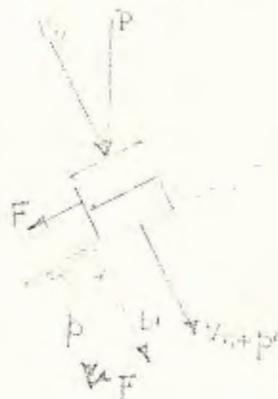
PLANILLA TECNICA
ESFUERZO TRACCION

BARRA	TONELADAS	AREAS INCH.	PERFILES A UTILIZAR	REMACHES No. \emptyset m.m.	OBSERVACIONES
6	42.2	5.45	4x4x3/8	5	13 remaches en una fila a doble corte
5	1.97	0.25	2x2x1/8	2	13 remaches en una file a simple corte
9	18.46	2.38	2x2x1/8	5	13 remaches en una fila a simple corte.

ESFUERZO COMPRESION

BARRA	TONELADAS	PERFILES A UTILIZAR	POSICION PERFIL	MOMENTO INERCIA	REMACHES No. \emptyset m.m.
8	18.73	4 ¹ / ₂ x4 ¹ / ₂ x7/16"		9.71	5 13
3	1.75	2"x2"x1/8"		0.078	2 13
7	11.49	3 ¹ / ₂ x3 ¹ / ₂ x1/4"		1.69	.5 13

FIG. N° 4-2



$$\alpha = 15^\circ$$

$$\phi = 15^\circ + 10^\circ = 25^\circ$$

CORREAS

Las correas serán de pino-tea, de buena calidad y sin nudos, de coeficientes de trabajo a la flexión $\rho = 80 \text{ Kg/cm}^2$.

Luz de las correas $L = 3 \text{ m}$, separación 0.5 metros .

Carga vertical - $p = 140 \text{ kg/m}^2$ (superestructura del techo).

Carga del viento en dirección normal al techo = $41.5 \text{ Kg/m}^2 = V_n$.

Según la figura No. 4-2 la carga vertical p , se descompone en dos:

$$p' = p \cos \alpha = 140 \times 0.9659 = 135 \text{ kg/m}^2$$

$$F = p \sin \alpha = 140 \times 0.2588 = 36 \text{ kg/m}^2$$

Carga que actúa normalmente sobre las correas.

$$P_1 = 176.5 \times 3 \times 0.5 = 264.7 \text{ kg.}$$

$$M_1 = \frac{264.7}{10} \times 3 = 79.41 \text{ Kg.m (por existir cierto empotramiento y ser vigas continuas.)}$$

Carga que actúa transversalmente a la correa.

$$P_2 = 36 \text{ kg/m} \times 3 \times 0.5 = 54 \text{ Kg.}$$

$$M_2 = \frac{54 \times 3}{10} = 16.2 \text{ Kgcm}^3$$

$$W_1 = M_1 / \rho = 79.41 / 80 = 0.99 \text{ cm}^3 \text{ (pag. 398)}$$

$$W_2 = M_2 / \rho = 16.20 / 80 = 0.20 \text{ cm}^3$$

Se usarán escuadras (tiras) de $2'' \times 3''$. Cálculo de las columnas.

El cálculo se efectúa según las normas y métodos de la A.I.S.C.

(American Institute of Steel Construction).

(* calculista estructura Ing. Simón Goldenhörn)

El problema consiste en seleccionar una columna WF (ala ancha) que tienen una carga de compresión de 5238 Kg, que reducido esto a lb, se obtiene un peso de 11.547.6- lb.

La columna tiene 2.8 mts de altura = 110 pulg. Se considera que la columna está pineada (fija) en ambos extremos. El esfuerzo de trabajo está dado por la fórmula:

$$S_w = 17.000 - 0.485 \left(L/R \right)^2$$

$$S_w = P/A \quad (* \text{ pag. 215 })$$

Donde:

L = longitud de la columna

R = radio de giro

P = carga

A = área del perfil.

Sustituyendo los valores P,L y R en la expresión anterior, tenemos:

$$11547.6/A = 17.000 - 0.485 \left(110/2 \right)^2$$

Adoptando el método de cálculo por tanteo y haciendo aproximaciones e igualando el esfuerzo a 17.000 se obtiene el área que se necesita, con esta área se selecciona la columna y luego se comprueba si coinciden los resultados, sino se sigue haciendo el cálculo hasta que se satisfaga la ecuación con la carga que sea indicada.

SELECCION DE LA COLUMNA

$$A = \frac{11.547.6}{13.975} = 0.83$$

Se escoge una 4" x 4" M 13.0 (Light WF Columns Miscellaneous)
Columnus (M) Según ref. de Manual A.I.S.C. Pag.1-20.

A = área normal = 3.82 pulgadas²

Momento de inercia mínimo I = 3.39 pulg.⁴

Radio de giro $r = \sqrt{I/A}$ (* pag.211) $r = \sqrt{3.39/3.82} = 0.89 = 0.94$. (* Strength of Materials Shanrn's)

Relación esbeltez de la columna: $L/r = 110/0.94 = 117$.

$$SW = 17.000 - 0.485 (117)^2$$

$$SW = 17.000 - 6.639 = 10.361$$

Máxima carga que puede soportar ésta columna.

$$P = ASW = 3.82 \times 10.361 = 39.579$$

Por lo que concluimos que el perfil seleccionado cubre perfectamente la carga que va a soportar y, además se observa un factor de seguridad grande.

BODEGAS PARA EL ALMACENAJE DE CAJAS

Para el almacenaje de las cajas de banano se ha diseñado el tipo de bodegas que se construyen con lo que se conoce como " Marcos Rígidos " cuyos análisis de cálculos estructurales se los hace a continuación:



Las dimensiones requeridas para cada una de estas bodegas, se las presenta en un esquema en la anterior figura No. 4-3, ahora nos toca considerar que la carga muerta incluyendo - largeros, techos, etc, sea de 90 kg/m².

Los marcos estarán espaciados cada 5.4m. centro a centro.

CARGAS DEL VIENTO:

Se considera la carga del viento de 40 Kg/m².

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL
CALCULO

Los marcos estarán articulados en los apoyos, y éstos proporcionan reacciones horizontales y reacciones verticales.

La carga muerta de 90 Kg/m², resulta en una carga vertical uniforme de 486 Kg/m por metro lineal de marco.

Las vigas inclinadas son perfiles laminadas de sección constante.

Las patas verticales son también vigas laminadas, se supone que no hay fuerza que restrinja la variación de longitud del claro del marco.

Los momentos en las patas verticales son cero y las vigas inclinadas tendrán momentos flexionantes de vigas simples.

El momento flexionante máximo se produce en el centro del claro, tal como se va a manifestar en el siguiente análisis.

De acuerdo a lo establecido las vigas inclinadas se portan como vigas simples o sea:

$$W = 486 \text{ K/m.}$$



El momento en un punto cualquiera x , está dado por:

$$M_x = W (1-x)X/2 = Wx/2 (1-x)$$

El momento máximo para la viga que estamos analizando se produce en el centro de ella, o sea cuando $X = 1/2$.

Esto queda demostrado en el siguiente cuadro, en el que se dan valores al momento desde $X=0$ hasta $X=18$, es decir a lo largo de todo el ancho de la bodega.

Fórmula que se analiza: $M_x = WX/2 (1-X)$

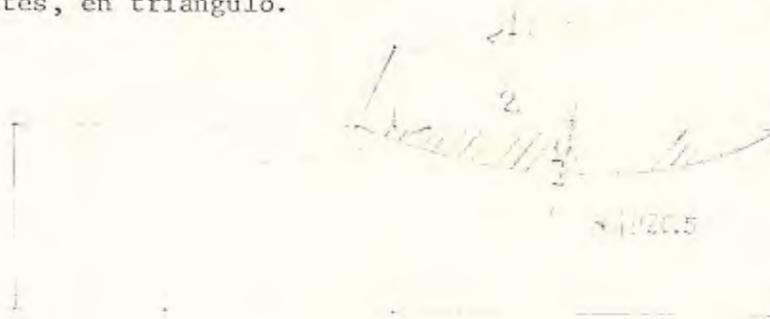
$$M = w1/4 (1-1)^2 = w1/4 \frac{(21-1)}{2} = \frac{w1^2}{8}$$

VALORES DE X	MX MOMENTO FLEXTOR
1	4.131
3	10.935
5	15.795
7	18.711
9	19.683
11	18.711
13	15.795
15	10.935
17	4.131
18	0

El momento flexionante máximo se produce en el centro del claro y tiene un valor de 19.683 kg-m

Las vigas inclinadas serán menos pesadas que las patas verticales; como ensayo para seleccionar las vigas tanto inclinadas como verticales, suponemos que tienen un momento de inercia $I_x = I_y = 1.2$ respectivamente.

El diagrama de momento flexionante para esta clase de marcos se comporta de acuerdo a la siguiente figura, o sea está dividido en dos partes, en triángulo.



Y una parábola, el triángulo tiene un máximo valor de momento flector igual a 19.638 y la parábola tendrá un valor que se calcula de la siguiente manera:

$$M_{4.5} = \frac{486 \times 4.5}{2} (18-4.5) = 243 \times 4.5 (13-5) = 14.762 \text{ kg.m}$$

2

Haciendo una relación de triángulos en el diagrama del momento flexor se tiene:

$$\frac{9}{19.638} = \frac{4.5}{X} \quad x = \frac{4.5 + 19.638}{9} = 9.841.5$$

$$14.762 - 9.841.5 = 4.920.5$$

Las alturas Y1, Y2, se calculan respectivamente:

$$Y1 = 3 + 1/2 \times 2 = 4$$

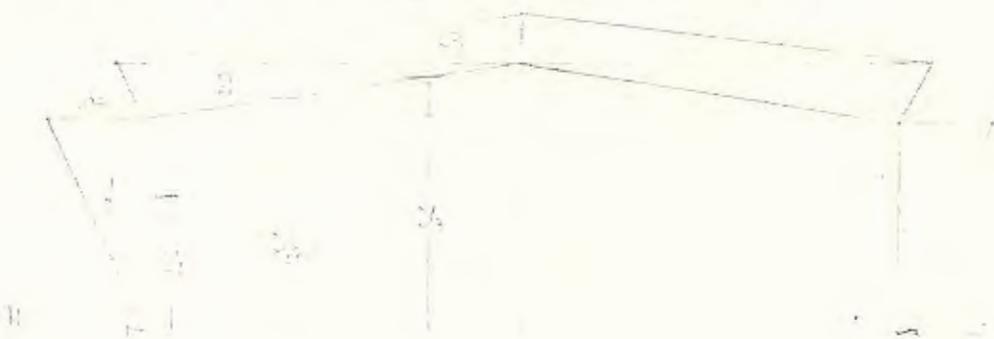
$$Y2 = 3 + 2/5 \times 2 = 3 + 1.33 = 4.33$$

Usando la ecuación de la línea elástica:

No.	Area	I	Mds/I	Y	M Ydas.
1	$2/3 \times 4920.5 \times 9.22$	1.0	30.245	4	120.980
2	$1/2 \times 19683 \times 9.22$	1.0	90.739	4.33	<u>392.900</u>
					513.880
					<u> x 2</u>

Como son dos lados: 1'027.760 Kg.

Los momentos flexionantes que resultan de una fuerza H aplicada horizontalmente en los puntos de reacción sin la presencia de otras fuerzas, se observan en la siguiente figura.



Cálculo de las alturas:

$$Y1 = 2/3 \times 3 = 2$$

$$Y_2 = 3 + 1 \times 2/3 = 3.67$$

$$Y_3 = 3 + 2/3 \times 2 = 4.33$$

Usando la ecuación línea elástica, tenemos:

No.	Area	I	Mds/I	Y	My.ds
1	$1/2 \times 3 H \times 3$	1.2	3.75 H	2	7.50 H
2	$1/2 \times 3 H \times 9.22$	1.0	13.83 H	3.68	51.00 H
3	$1/2 \times 5 H \times 9.22$	1.0	23.05 H	4.33	<u>100.00 H</u>
					158.50 H

Como son dos lados: $158.50 H \times 2 = 317 H$

Según condiciones del problema, tenemos:

$$1.027.760 + 317 H = 0$$

$$H = - \frac{1.027.760}{317} = -3.242$$

$$H = -3.242 \text{ kg.}$$

El momento en la esquina del marco será:

$$3.H = 3.(3.242) = 9726 \text{ Kg-m}$$

El momento en el centro del marco será:

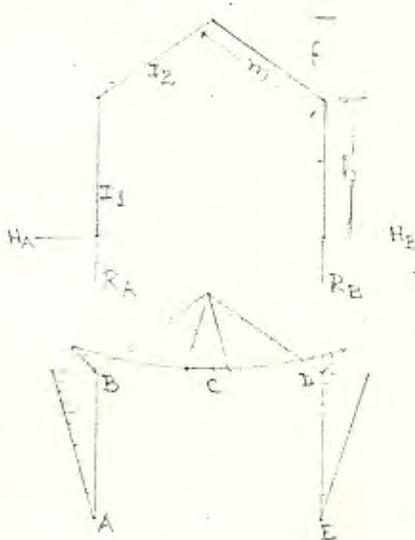
$$19.638 + 5 H = 19.638 + 5 (-3.242) = 3.473 \text{ kg-m}$$

Esquema que representa las reacciones y los momentos en el marco.



Método para hacer una Comprobación de las Reacciones y los Momentos.

A continuación se presenta las relaciones para comprobación de las reacciones y los momentos.



$$Q = f/h$$

$$N = 4 (k + 3 + 3Q + Q^2)$$

$$K = \frac{I_2 h}{I_1 m}$$

$$R_A = R_B = R WL/2$$

$$H_A = H_B = H = \frac{WL^2}{8hN} (8 + 5Q)$$

$$M_B = M_D = -Hh$$

$$M_C = RL/4 = H (h + f)$$

Para nuestro caso:

$$f = 2 \quad m = 9.22 \quad h = 3 \quad L = 18$$

$$I_1 = 1.2 \quad I_2 = 1 \quad W = 486$$

$$Q = f/h = 2/3 \quad K = \frac{I_2 h}{I_1 m} = \frac{1 \times 3}{1.2 \times 9.22} = \frac{3}{1.2 \times 9.22} = \frac{3}{11}$$

$$N = 4 (K + 2 + 3Q + Q^2)$$

$$N = 4 \left[\frac{3}{11} + 3 + 3 \times \frac{2}{3} + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \right] = 4 \left(\frac{3}{11} + 3 + 2 + \frac{4}{9} \right)$$

$$N = 4 \left(\frac{3}{11} + 5 + \frac{4}{9} \right) = 23.$$

$$H_A = H_B = H = \frac{WL^2}{8hN} (8 + 5Q)$$

$$H = \frac{486 \times 18 \times 18}{8 \times 3 \times 23} (8 + 5 \times \frac{2}{3}) = \frac{243 \times 27}{23} \cdot \frac{(24 + 10)}{3} = \frac{243 \times 9 \times 34}{23}$$

(El método es obtenido en Data Book For Civil Engineers Design
Elwyn E. Seelye. Pag. 1-63.)

$$H = 3233$$

$$M_B = M_D = -Hh = -3233 \times 3 = 9699$$

$$R = WL/2 = \frac{486 \times 18}{2} = 4374$$

$$M_c = RL/4 - H(h + f) = \frac{4374 \times 18}{4} - 3233(3 + 2)$$

$$M_c = 19.683 - 16165 = 3518$$

CALCULO DE LAS VIGAS INCLINADAS

Como se observa en los detalles mostrados en la figura No. 4-3 para la esquina, siempre tiene que existir un refuerzo para el patín en un punto cercano al punto B. La distancia horizontal de B al punto de inflexión se la calcula primero.

Figura N°4-3



$$M = Hy + Wx/2 (L-X) = 0$$

$$Y = 3 + X/41$$

$$M = 3242(3+X/72) + \frac{486 Y}{2} (18-x) = 0$$

$$X = 2.56$$

En el centro del claro se produce el máximo momento flexionante.

$$M = 3473 \text{ Kg-m}$$

Y una carga $P = H \cos \theta = 3242 \times 0.97 = 3145 \text{ Kg}$. Estimaciones que se hacen para el cálculo (Pag. 511).

Esfuerzo permisible a la flexión y carga axial = 1406 Kg/cm^2 .

$$F_b = 1195 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_a = 985 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f = P/A \quad A = P/f = \frac{3145}{1406} = 2.24 \text{ cm}^2 \text{ área aproximada que se necesita.}$$

Se escoge una viga 8 WF 28.

(Diseño de estructuras metálicas Williams y Harris).

Características de esta columna:

$$\begin{aligned}
 A &= 8.23 \text{ pulg}^2 &= 53.1 \text{ cm}^2 \text{ (área)} \\
 b &= 6.54 \text{ pulg}^2 &= 16.6 \text{ cm}^2 \text{ (ancho)} \\
 d &= 8.06 \text{ pulg.} &20.4 \text{ cm (profundidad)} \\
 t &= 0.463 \text{ pulg.} &1.17 \text{ cm. (espesor)} \\
 I &= 97.8 \text{ pulg.}^4 &4.068 \text{ cm}^4 \\
 r &= 3.45 \text{ pulg.} &8.76 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

$$\frac{L d}{b t} = \frac{256 \times 53.1}{16.6 \times 1.17} = 691.7$$

$$F_b = \frac{843,700}{691.7} = 1,219.74 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_a = 1195 - 0.0341 \left(\frac{256}{8.76} \right)^2$$

$$F_a = 1165.88$$

$$\frac{P}{A} = \frac{3145}{53.1} = 59.2$$

$$\frac{M}{S} = \frac{3473 + 100}{398} = 2$$

$$\frac{59.2}{1165.88} + \frac{872.17}{1219.74}$$

$$0.051 + 0.715 = 0.766$$

$$0.766 < 1$$

Por lo que nuestra selección cumple a satisfacción.

Selección de las columnas verticales:

Estas columnas deben resistir la reacción vertical y el momento flexionante, es decir, las siguientes cargas:

$$R = 4374 \text{ Kg.}$$

$$M = 9726 \text{ Kg-m, siendo la longitud de la columna igual a 3 m.}$$

Para abreviar el proceso de estimación y proceder con los cálculos, suponemos que el miembro actuará a 50% de su capacidad de flexión y a 50% de su capacidad de carga axial. Suponemos también que $F_b = 1195 \text{ Kg/cm}^2$ y $F_a = 985 \text{ Kg.}$

$$A = \frac{p}{0.5 F_a} = \frac{4374}{0.5 \times 985} = 8.88 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{M}{0.5 F_b} = \frac{9726}{0.5 \times 1195} = 16.3 \text{ cm}^2$$

El radio de giro debe ser mayor o igual: $300/120 = 2.5 \text{ cm}$.

$$A = 8.88 \quad \text{cm}^2 \quad 1.37 \quad \text{pulg}^2.$$

$$S = 15.8 \quad \text{cm}^3 \quad 0.98 \quad \text{pulg}^2.$$

$$R = 2.5 \quad \text{cm} \quad 0.98 \quad \text{pulg}.$$

Escojo un perfil de la siguiente característica:

8 W F 35.

Características de estas columnas:

$$A = 10.3 \quad \text{pulg}^2 \quad 66.4 \quad \text{cm}^2$$

$$d = 8.12 \quad \text{pulg.} \quad 20.6 \quad \text{cm}$$

$$b = 8.027 \quad \text{pulg.} \quad 20.4 \quad \text{cm}$$

$$I_x = 126.5 \quad \text{pulg}^4 \quad 5262. \quad \text{cm}^4.$$

$$t = 0.493 \quad \text{pulg.} \quad 1.25 \quad \text{cm.}$$

$$r = 2.03 \quad \text{pulg.} \quad 5.15 \quad \text{cm.}$$

$$s = 31.1 \quad \text{pulg}^3 \quad 510. \quad \text{cm}^3$$

$$f_a = \frac{4374}{66.4} = 65.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{4374 \times 10.3}{510} = 88.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a = 0.0341 (300/5.15)^2 = 115 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = \frac{843.700}{\frac{300 \times 20.6}{20.4 \times 1.25}} = 3481 \text{ kg/cm}^2.$$

Para que se satisfaga, se tiene:

$$f_a/F_a + f_b/F_b \leq 1.$$

$$65.8/115 + 88.3/348 = 0.598 + 0.0251 = 0.623 < 1$$

Con lo que estas especificaciones satisface.

Además se cumple la relación $I2/I1 = 1.2$, por lo que no es necesario repetir el cálculo.

B) TRANSPORTADORES PARA LAS BODEGAS DE ALMACENAJES:

De acuerdo a la distribución y lo que se presenta en el plano respectivo, los transportadores para las bodegas de almacenajes, reúnen las condiciones necesarias para que sirvan tanto para las cajas como para los racimos, con la diferencia de - que los transportadores dispuestos en la bodega para almacenajes de racimos, estará equipada con monorrieles para la disposición dentro de ella y que tendrán aplicación exclusivamente para el almacenaje de los racimos de bananos colgados.

También se ha considerado las necesidades que pueden resultar para la distribución de las cajas dentro de las bodegas y se incluye el diseño y cálculo de transportadores portátiles que servirán también para la movilización del producto fuera de - las bodegas con lo que se facilitará cualquier emergencia.

El cálculo que se efectuará seguidamente sirve como guía para los demás sistemas de transportadores, el tipo de armadura que se ha escogido para soportar todos los transportadores de banda es el conocido como Pratt, fundamentándose en las recomendaciones dadas por las técnicas para su uso.

A) CALCULO Y SELECCION DE LA BANDA TRANSPORTADORA.

El procedimiento a seguirse para el cálculo de las bandas transportadoras será fundamentalmente tomando en consideración:

- 1.- Cuerpo de la banda: que consiste en determinar el número de capas que la banda necesita para que reúna las condi

ciones necesarias para soportar la carga de las cajas o de los racimos.

2.- Recubrimiento de la banda, esto sirve para protección del cuerpo de la misma.

Información Necesaria:

Las siguientes informaciones son necesarias para poder hacer el cálculo y la selección de la banda transportadora.

- 1.- Características de la carga
- 2.- Dimensiones
- 3.- Peso
- 4.- Espacio entre cajas o racimos
- 5.- Humedad y temperatura
- 6.- Tipos de soporte
- 7.- Tipo de correa impulsora
- 8.- Tipo y localización de los templadores
- 9.- Velocidad de la cinta
- 10.-Ancho de la cinta
- 11.-Distancia centro a centro medida en pie desde la polea principal a la polea posterior.
- 12.-Altura y pendiente de la banda, solamente para transportadores ascendentes o descendentes.
- 13.-Angulo permisible de elevación.

DIMENSIONES DE LAS CAJAS:

Para la determinación de las características de la carga a continuación se presenta el siguiente cuadro de las diferentes tipos de cajas con sus respectivos pesos que sirven de embalaje para el embarque del banano por las compañías exportadoras, por los diferentes puertos del Ecuador.

TIPOS DE EMBALAJES	PESO (LB)
208 x	27
104	45
115 A	26
115 E	26
115 X	26
22 x	45
23 x	34
34 x	26
43 x	34
24 x	34
2527	26
SF46	34

De los diferentes embalajes anotados anteriormente, se ha escogido la caja de mayores dimensiones para los efectos de cálculo, siendo éste el tipo 22x, que presenta las siguientes características: 54 x 40 x 26 cm³.

DIMENSIONES APROXIMADAS DE LOS RACIMOS:

Largo total = 1.55 cm.

Diámetro = 43 cm.

Además podemos estimar que un racimo puede llenar 1.8 cajas de 45 lb. y que el peso bruto del racimo es 86 lb.

Selección de la banda transportadora.

Se va a considerar tramos de 200 pie (60.96 mts) para facilitar el cálculo y evitar de esta manera que se produzca excesiva carga en la banda, luego estos tramos se acoplarán a perfección para que sigan su línea de flujo.

Datos para la selección:

Aplicación: transportación de cajas con banano o racimos de banano.

Peso de una caja: 45 lb.

Espacio entre paquetes: 22 pulgadas

Velocidad de la banda: 100 pie/minuto

Ancho de la banda: 20 pulgadas

Distancia entre centros: 200 pie

Conductor impulsador: Simple, la polea principal está cubierta por la banda en 180.

Ajustadores automáticos:

Reductor de velocidad: 4 unidades de engranajes reductores, acoplados a un motor eléctrico en la polea principal.

Rodillos: 2 1/2 pulgadas, espaciados cada 10 pie.

PASOS QUE SE SIGUEN:

1.- Se determina el tipo y espesor del material que va a cubrir la banda, recubrimiento superior e inferior que sirve para protección del cuerpo de la banda.

Se escoge 1/10 pulg. tipo amazón.

2.- Determinación de la unidad de carga. Para lo cual se considera por mayor seguridad para el cálculo, que el peso es uniforme y también lo son los espacios; esto se asume debido a la diferencia que hemos establecido existen entre las dimensiones de una caja y un racimo, ya que resulta mayor fuerza de carga considerando el peso uniforme, además se puede concluir como resultado que dos cajas ocupan el espacio de un racimo y su peso es aproximadamente igual.

WL = $\frac{\text{peso de una caja (lb)} \times 12}{\text{espacio que ocupa la caja.}}$ (para carga uniforme)
(* pag.17)

WL máximo peso que lleva en su longitud el transportador .-
Longitud de la banda transportadora.
(fórmula aplicable al caso de racimos)

$$WL = \frac{45 \text{ lb} \times 12}{22} = 24.5 \text{ lb/pie.}$$

Determinación de la unidad de carga para el caso que sean ra
cimos los que van a transportarse.

$$\frac{60.96}{1.55} = (\text{longitud total del transportador}) = 39 \text{ racimos}$$

(largo de los racimos)

$$39 \text{ racimos} \times 86 \text{ lb/racimos} = 3354 \text{ lb.}$$

$$WL = 3354/200 = 16.8 \text{ lb/pie}$$

3.- Determinación de los factores de fricción. De la tabla
No. 4-3 que a continuación se expone, tenemos.

Tomando en consideración las características del transporta
dor se selecciona: F 1 = 0.4; F 2 = 0.1

TABLA No. 4-3
(*pág. 17)

PULLEY SURFACE OF BELT	SLIDER BED F 1		IDLER BED F 2	
	Polished metal	Polished harwood	Anti-friction Brorings	Plain Bearing
BARE DUCK	0.30	0.35	-	0.10
FRICITION SURFACE	0.35	0.40	0.50	0.10
RUBBER COVER	0.45	0.50	0.05	-

4.- Cálculo del peso de la banda por pie lineal.

(*Hand book M 6314 - B - 4 U.S. Rubber)

WB = peso de la banda por pie lineal.

Se considera inicialmente que tiene un peso de 0.10 lb por pulgada de ancho por pie lineal de banda.

$$W = 0.10 \times 20 = 2 \text{ lb.}$$

Este valor se lo comprobará posteriormente para ver si el valor asumido es correcto.

5.- Cálculo de la tensión efectiva (TE)

$$TE = (L \times F_1) \times (W_2 + W_B) + (L \times F_2) \times (W_B + W_4) \quad (\text{pág. 21})$$

Fórmula para el cálculo de la tensión efectiva para transportadores horizontales en esta fórmula tenemos:

L = distancia entre centros

F_1 y F_2 = factores de fricción

W_1 = unidad de carga

W_B = peso de banda por pie lineal

W_{R1} = peso de los rodillos por pie

$$W_{R1} = 10 \times 1/10 = 1 \text{ Lb.}$$

El cálculo de W_{Ri} se realiza refiriéndose a la siguiente tabla.

TABLA No. 4-4
(Handbook M-6314-B-4 U.S. Rubber pág. 21)
AVERAGE WRIGHT OF MOVING PART OF PACKAGE BELT IDLERS.

Belt with inch	Idler Diameter Inch		
	2 1/2	2 9/16	4
12	7	11	-
14	8	12	17
16	9	13	18
18	9	13	20
20	10	15	22
22	11	16	23
24	12	18	26
30	14	21	31
36	16	24	35

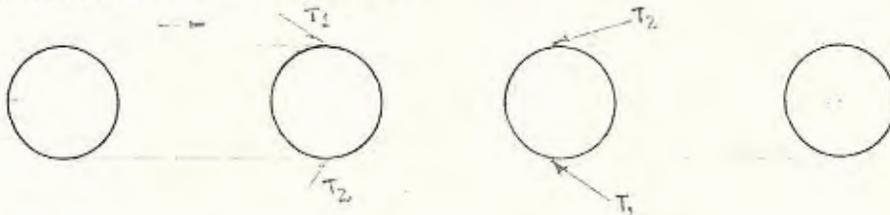
Desde donde se ha escogido un peso de 10 lb para el ancho de la banda y el diámetro de los rodillos. Habiendo calculado - WR1, podemos proceder al cálculo de TE.

$$TE = (200 \times 0.40) \times (24.5 + 2) + (200 \times 0.10) (2 + 1)$$

$$TE = (80) (26.5) + (20) (3)$$

$$TE = 2180 \text{ lb.}$$

b) Cálculo de las tensiones:



$$T2 = TE \times K \quad (* \text{ Pag. 18})$$

$$T1 = TE + T2$$

K = valor que se determina de la siguiente tabla:

TABLA No. 4-5
(Hand book 6314 B-4 Rubber pág. 18)

ARC.OF CONTACT.	TYPE OF DRIVE	SCREW TAKE UP		AUTOMATIC TAKE UP	
		Bare Pulley	Lagged Pulley	Bare Pulley	Lagged Pulley
180°	PLAIN	1.30	0.90	0.85	0.50
190°		1.20	0.80	0.78	0.45
200°		1.10	0.75	0.72	0.42
210°		1.00	0.70	0.67	0.38
220°	Snubbed	0.90	0.65	0.62	0.38
230°		-	-	0.58	0.32
245°		-	-	0.54	0.30

Según la tabla anterior y de acuerdo a las condiciones que reúne, se escoge K = 0.5, y tenemos:

$$T2 = 2180 \times 0.50 = 1090 \text{ lb}$$

$$T1 = 2180 + 1090 = 3270 \text{ lb.}$$

7.- Determinación del cuerpo de la banda.

$$W_B = (0.144 + 0.020 + 0.020) (20) = 3.68 \text{ lb/Ft.}$$

El valor que se asumió es menor, por lo tanto se tiene que hacer nuevos cálculos para este valor, y tenemos:

$$T_E = (L \times F1) \times (W1 + W_B) + (L \times F2) (W_B + W_{P1})$$

$$T_E = (200 \times 0.4) (24.5 + 3.68) + (200 \times 0.10) (3.68 + 1)$$

$$T_E = 2254.4 + 93.6 = 2348$$

$$T2 = T_E \times K = 2348.05 = 1.174$$

$$T1 = T_E + T2 = 3522$$

9°.- Determinación del poder del motor. Fórmula que se aplica.

$$\text{Hp motor} = \frac{\text{Hp banda}}{1 - \text{pérdidas por poder}} \quad (\text{ pag.26 handbook Rubber})$$

$$\text{Hp banda} = \frac{T_E \times V}{33.000}$$

Donde:

T_E = Tensión efectiva

V = Velocidad en pie por minutos

$$\text{Hp} = \text{banda} = \frac{2348 \times 100}{33.000} = 7.1 \text{ Hp.}$$

$$\text{Hp motor} = \frac{7.1}{1 - 0.1} = 7.1 / 0.9 = 7.9$$

En la siguiente tabla, se expone los tipos de motores standars y su poder, desde donde vamos a escoger el motor apropiado.

En la figura No. 4-5 se encuentra la estructura graficada con el número de nudos y las cargas que actúan en cada uno de ellos es de 144.35 lb, para los nudos interiores y la carga para los nudos exteriores 72.17 lb.

CALCULO DE LAS REACCIONES

Aplicando las ecuaciones de equilibrio estático, se tiene:

$$\sum X = 0$$

$$\sum Y = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$\sum X = 0 \quad (1)$$

$$\sum Y = R_1 + R_2 - W_1 = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_1 = -52.49R_2 + W_1^2/2 = 0 \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{W + 1^2}{52.49 \times 2} = \frac{44 \times 52.49}{62.49 \times 2} = 1.154.78 \text{ lb.}$$

Reemplazando R2 en la ecuación (2):

$$R_1 = W_1 - R_2 = 44 \times 52.49 - 1154.78$$

$$R_1 = 1154.78 \text{ lb.}$$

CALCULO DE LOS ESFUERZOS EN LAS BARRAS

El método a seguirse es el de los nudos :

NUDO A

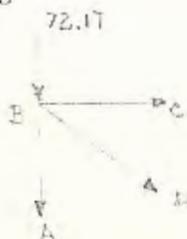


$$\sum X = A D = 0$$

$$\sum Y = R_1 + A B = 0$$

$$A B = -R_1 = -1.154.78 \text{ lb.}$$

NUDO B



$$\sum X = B C + B D \cos. 45^\circ = 0$$

$$\sum Y = -72.17 - B A - B D \text{ Sen. } 45^\circ = 0$$

$$- 72.17 + 1.154.78 - 0.707 B D = 0$$

$$B D = \frac{+ 1.154.78 - 72.17}{0.707} = 1231.27$$

El análisis de las barras se las ha efectuado hasta el nudo Q, ya que no es necesario la determinación de los esfuerzos en el resto de las barras, debido a que su comportamiento es similar para la otra mitad de la armadura.

A continuación se presenta un cuadro con los esfuerzos que sufren las barras de la armadura.

BARRAS	ESFUERZO EN LBS.
A B = 8- 7	1.154.78
B C = 5 - 7	1.082.61
A D = 6 - 8	0
C D = 5 - 6	1.082.61
C E = 3 - 5	2.020.87
D F = 4 --6	1.082.61
E F = 3 - 4	938.26
E G = 1 - 3	2.814.78
F H = 2 - 4	2.020.87
G H = 1 - 2	793.91
G I = 4 - 1	3.464.34
H J = Z - 2	2.814.78
I J = Z Y	649.56
I K = W Y	3.969.54
J L = X Z	3.464.34
K L = W X	505.21
K M = U W	4.330.4
L N = V X	3.969.54
M N = U V	360.86
M O = S U	4.546.91
N P = T V	4.330.4
O P = S T	216.51
O Q = Q S	4.619.07
P R = R T	5.546.91
Q R	144.35
B D = 6 - 7	1.231.27
C F = 4 - 5	1.327.1
E H = 2 - 3	1.122.93
G J = Z - 1	918.75
I L = X Y	714.58

$$I_x-y = 2.4 \times (\sqrt{2})^2 \cdot 0.604 = 2.9 \text{ cm}^4.$$

$$I_x-y = \frac{2.9}{41.6} = 0.07 \text{ pulg.}^4$$

Se escoge 1 \angle de 1 1/4 x 1 1/4 x 1/4.

Como se puede observar en la tabla donde se encuentra tabulado, los esfuerzos que sufren y eso nos indica que se ha hecho la selección de materiales de las barras que mayor esfuerzo sufre, por lo tanto, concluimos que el siguiente será el material a utilizarse en la armadura:

Cordón Superior	1 ángulo de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4
Cordón Inferior	1 ángulo de 1 1/4 x 1 1/4 x 1/4
Barras inclinadas	1 ángulo de 1 1/4 x 1 1/4 x 1/4
Barras perpendiculares	1 ángulo de 1 x 1 x 1/8.

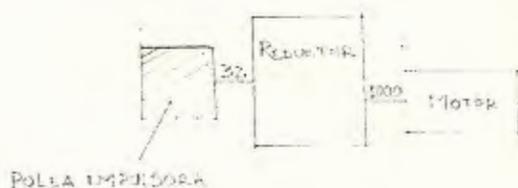
CALCULO DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

Primeramente se va a establecer necesidades que se requieren para el planteo de las reducciones de velocidad y es así como se tiene:

Los Hp necesarios para movilizar la banda transportadora que fue calculada en 10 Hp, este motor se asume funcionando en 1.000 r.p.m.

La polea impulsora de la banda la asumimos que es de 12 pulgadas de diámetro y un punto en la línea de la circunferencia, tiene una velocidad de 100 pie/min, que es la velocidad con que se hizo los cálculos para la selección de la banda transportadora.

Haciendo un esquema tenemos:



Cálculo para establecer el número de revoluciones que tiene que tener la polea impulsora.

$$v = wr \quad (\text{ pag.93 Física General Perkins 3ra.Edición })$$

v = velocidad lineal

w = velocidad angular

r = radio

$$w = v/r = 100/0.5 \text{ pie/min} = \text{rad/min.}$$

$$w = 2\pi n. \quad (\text{ Pag.93 F. G. Perkins. 3ra edición }).$$

$$n = w/2\pi = 200/6.28 = 32 \text{ r.p.m.}$$

Ahora que ya se conoce las reducciones necesarias de nuestro mecanismo, se procede al cálculo del reductor de velocidad.

Los reductores de velocidad son engranajes, que comunican el movimiento rotatorio de un eje a otro, tienen la gran ventaja que la relación de velocidades es constante y positiva.

El proyectar un engranaje requiere conocimientos de clases de materiales, fatiga y métodos de fabricación aplicados a engranajes, así como también de métodos aceptados de estudios y proyectos.

Para entrar en detalle de cálculo asumimos las siguientes relaciones:

$$\text{Voltaje} = 220 \text{ v.}$$

$$\text{Ciclos} = 60 \text{ C.}$$

$$\text{Hp} = 10$$

Eficiencia del sistema:

$$N_{\text{motor}} = 0.98$$

$$N_{\text{reductor}} = 0.98$$

$$N_{\text{motor reductor}} = 0.98 \times 0.98 = 0.96$$

$$N_{\text{sistema}} = 0.96$$

$$N4 = P \times D4 = 8 \times 12.5 = 100 \text{ dientes}$$

Angulo de hélice:

$$\psi = 30^\circ$$

Angulo de Presión:

$$\phi_t = 20$$

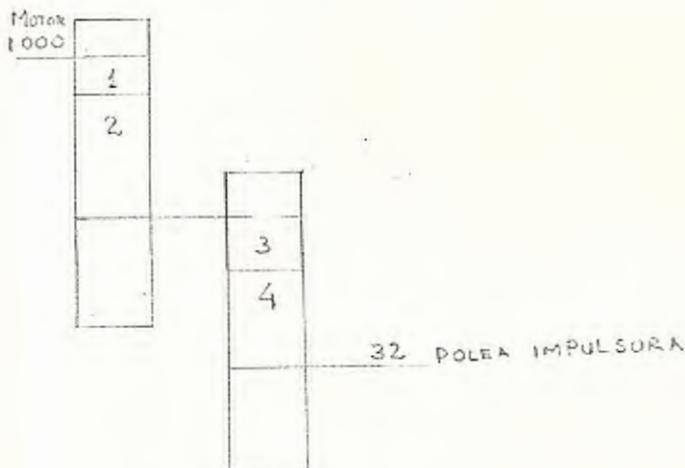
Cálculo de la velocidad del engranaje No.2.

$$N1/N2 = D2/D1 \quad (*\text{Pag. 399})$$

$$N2 = N1 \frac{D1}{D2} = \frac{1000 \times 2}{10} = 200 \text{ r.p.m.}$$

$$N2 = N3.$$

Por la disposición del sistema.



CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS DIENTES

Circular pitch, es la suma de la anchura del diente y el espacio entre dientes, está definido.

$$p = \frac{\pi}{P} = \frac{3.14}{8} = 0.393 \quad (*\text{pag. 401})$$

* El proyecto en Ingeniería Mecánica Joseph Edward Shigley, Editorial Mc.Graw Hill Book C. Año 1965.

$$W_4^t = 3140$$

$K_o = 1.25$ haciendo referencia a la tabla No. 4-10 que se utilizó para el anterior caso.

$$K_u = 0.82$$

$$P = 8$$

$$F = 1.36$$

$$K_s = 1.25$$

$$K_m = 1.2$$

$$J = 0.48$$

$$\sigma = \frac{W_4^t K_o}{K_v} \cdot \frac{P}{F} \cdot \frac{K_s K_m}{J}$$

$$\sigma = \frac{3140 \times 1.25}{1.36} \times \frac{8}{1.36} \times \frac{1.25 \times 1.2}{2.48}$$

$$\sigma = 4.795 \times 5.88 \times 3.12 = 89.000 \text{ lb/pulg}^2.$$

RESISTENCIA A LA FLEXION:

La tensión primitiva que se calculó con la ecuación :

$$\sigma = \frac{w^t K_o}{K_v} \frac{P}{F} \frac{K_s K_m}{J}$$

se la calcula también a partir de la ecuación de resistencia de la AGMA como sigue:

$$\sigma = \frac{S K_l}{K_t K_r} \quad (*\text{Pag. 425})$$

Donde:

σ = tensión máxima del proyecto permitida lb/pulg².

S = resistencia del material, lb/pulg², puede ser la resistencia a la fatiga, la carga de rotura o la resistencia a la fluencia, dependiendo del tipo de falla que se compruebe.

K_l = Coeficiente de vida o duración

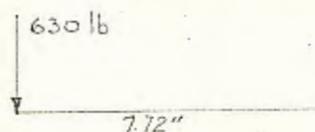
K_t = Coeficiente de temperatura

K_r = Coeficiente de seguridad funcional.

(* El proyecto en Ing. Mecánica Shigley)

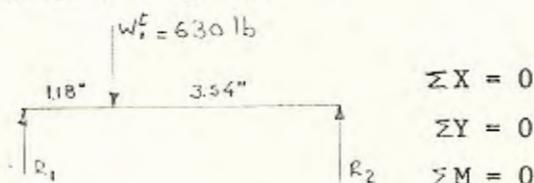
$$F = \frac{630}{1} = 630 \text{ lb.}$$

Que actúa como se representa en la figura siguiente:



Momento de engranaje

Momento Tangencial M.



$$R_1 + R_2 = 630$$

$$\sum M_1 = 630 \times 1.18 - R_2 \times 4.72 = 0$$

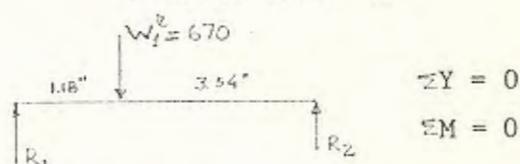
$$R_2 = \frac{630 \times 1.18}{4.72} = 157.6 \text{ lb.}$$

$$R_1 = 630 - 157.6 = 472.4 \text{ lb}$$

$$M_1^t = R_1 \times 1.18 = 472.4 \times 1.18 = 562 \text{ lb-pulg.}$$

$$M_2^t = R_2 \times 3.54 = 157.2 \times 3.54 = 556 \text{ lb-pulg.}$$

Momento radial M^r



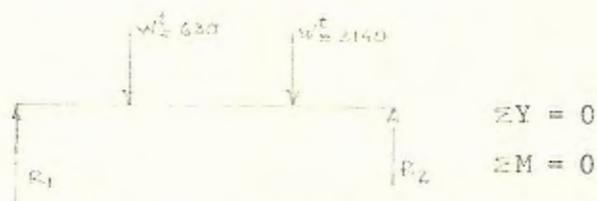
$$\sum Y = R_1 + R_2 - 670 = 0$$

$$\sum M_1 = 670 \times 1.18 - 4.72R = 0$$

$$R = \frac{670 \times 1.18}{4.72} = 171 \text{ lb.}$$

$$R_1 = 670 - R = 670 - 171 = 499 \text{ lb}$$

Cálculo del momento Tangencial M^t :



$$\Sigma Y = R_1 + R_2 - 630 - 3.140 = 0$$

$$\Sigma M_1 = 630 \times 1.18 + 3.140 \times 3.54 - 4.72 R_2 = 0$$

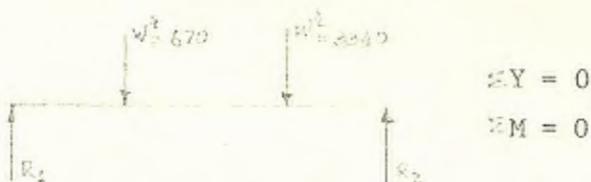
$$R_2 = \frac{630 \times 1.18 + 3.140 \times 3.54}{4.72} = \frac{743 + 11.200}{4.72}$$

$$R_2 = \frac{11.943}{4.72} = 2.741 \text{ lb.}$$

$$R_1 = 3.770 - 2.741 = 1.029 \text{ lb}$$

$$M^t = 2.741 \times 1.18 = 3.240 \text{ lb=pulg.}$$

Cálculo del momento Radial M^r



$$\Sigma Y = R_1 + R_2 - 670 - 3.340 = 0$$

$$\Sigma M_1 = 1.18 \times 670 + 3.340 \times 3.54 - 4.72 R_2$$

$$R_2 = \frac{1.18 \times 670 + 3.340 \times 3.54}{4.72} = \frac{790 + 11.820}{4.72} = \frac{12610}{4.72}$$

$$R_2 = 2.670 \text{ lb.}$$

$$R_1 = 3.340 + 670 - R_2 = 4.010 - 2.670 = 1.340$$

$$R_1 = 1.340 \text{ lb.}$$

$$M^T = 2670 \times 1.18 = 3150 \text{ lb-pulg.}$$

Momento Axial M_t :



$$\sum Y = R_1 + R_2 = 0$$

$$\sum M_1 = -5 \times 364 - 1.810 \times 1 - 4.72 R_2 = 0$$

$$R_2 = \frac{1810 + 1.820}{4.72} = \frac{3.630}{4.72} = 769 \text{ lb.}$$

$$R_2 = -769 \text{ lb}$$

$$R_1 = -R_2 = 769 \text{ lb}$$

$$R_1 = 769$$

$$M_T = 769 \times -.18 = 906 \text{ lb-pulg.}$$

Momento total del engranaje:

$$M_e = \sqrt{(M^T)^2 + (M^R)^2 + (M_T)^2}$$

$$M_e = \sqrt{(3240)^2 + (3150)^2 + (906)^2}$$

$$M_e = \sqrt{10^4 (1.050 + 994 + 81.8)} = 4.500$$

Momento Flexor total M :

$$M = M_e + T = 4.500 + 3.150 = 7.650$$

$$M = 7.650 \text{ lb-pulg.}$$

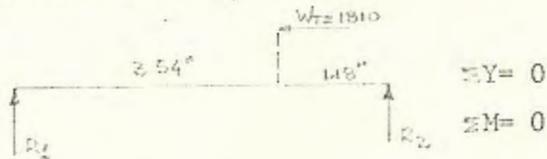
Cálculo del diámetro del Eje.

Se escoge para material de este eje un acero de dureza:

$$BHN = 300$$

$$M^r = 2.510 \times 1.18 = 2.961 \text{ lb-pulg.}$$

Momento Axial M_T :



$$\Sigma Y = R_1 + R_2 = 0$$

$$\Sigma M_1 = -1.810 \times 6.25 - 4.72 \times R_2 = 0$$

$$R_2 = \frac{1810 \times 6.25}{4.72} = 2.390 \text{ lb.}$$

$$R_1 = -R_2 = 2.390$$

$$M_T = 2.390 \times 3.54 = 8460 \text{ lb-pulg.}$$

Momento total del engranaje para el eje No. 3:

$$M_e = \sqrt{(M^t)^2 + (M^r)^2 + (M_T)^2}$$

$$M_e = \sqrt{(2.800)^2 + (2961)^2 + (8460)^2}$$

$$M_e = \sqrt{785 \times 10^2 + 879 \times 10^2 + 7160 \times 10^2}$$

$$M_e = 9400 \text{ lb-pulg.}$$

Momento flexor total:

$$M = M_e + T$$

$$M = 9.400 + 19.700 = 29.100 \text{ lb-pulg.}$$

Cálculo del Diámetro del Eje:

Se utilizará el mismo material que se usó para el eje No. 2,
o sea que tendríamos:

$$S_y = 112.500$$

$$S_u = 54.500$$

$$T = 19.700$$

$$M = 29.100$$

$$n = 2.26$$

Coefficientes X e Y

Catálogo SKF N°2.000 pág. 13

Rodamientos de una hilera

Tipos de rodamientos	$\frac{F_a}{F_r} > e$ ¹⁾	e		
		X	Y	
Rodamientos rígidos de bolas, series EI, R, 60, 62, 63, 64	$\frac{F_a}{C_0} = 0,04$	0,35	2	0,32
	$= 0,08$	0,35	1,8	0,36
	$= 0,12$	0,34	1,6	0,41
	$= 0,25$	0,33	1,4	0,48
	$= 0,4$	0,31	1,2	0,57
Rodamientos de bolas con contacto angular, series 72, 73		0,27	0,76	0,06
Rodamientos de rodillos cónicos	30203 - 30204	0,4	1,75	0,34
	05 - 08		1,6	0,37
	09 - 22		1,45	0,41
	24 - 30		1,35	0,44
	32206 - 32208	0,4	1,6	0,37
	09 - 22		1,45	0,41
	24		1,35	0,44
	30302 - 30303	0,4	2,1	0,28
	04 - 07		1,95	0,31
	08 - 24		1,75	0,34
	31305 - 31314	0,4	0,73	0,82
	32304 - 32307	0,4	1,95	0,31
	08 - 24		1,75	0,34

Rodamientos de dos hileras

Tipos de rodamientos	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		e	
	X	Y	X	Y		
Rodamientos de bolas a rótula	135, 126	1	1,8	2,8	0,34	
	127, 108		1,8	0,65	2,8	0,34
	129		1,8	2,8	0,31	
	1200 - 1203	1	2	3,1	0,31	
	04 - 05		2,3	3,6	0,27	
	06 - 07		2,7	4,2	0,23	
	08 - 09		2,9	0,65	4,5	0,21
	10 - 12		3,4	5,2	0,19	
	13 - 22		3,6	5,6	0,17	
	24 - 30		3,3	5	0,2	
	2200 - 2204	1	1,3	2	0,5	
	05 - 07		1,7	2,6	0,37	
	08 - 09		2	0,65	3,1	0,31
	10 - 13		2,3	3,5	0,28	
	14 - 20		2,4	3,8	0,26	
21 - 30	2,3		3,5	0,28		
1300 - 1303	1	1,8	2,8	0,34		
04 - 05		2,2	3,4	0,29		
06 - 09		2,5	0,65	3,9	0,25	
10 - 24		2,8	4,3	0,23		
26 - 28		2,6	4	0,24		
2301		1	1,6	0,63		
2302 - 2304	1	1,2	0,65	1,9	0,52	
05 - 10		1,5	2,3	0,43		
11 - 22		1,6	2,5	0,39		
10405 - 10407	1	2,5	0,65	3,9	0,25	
08 - 15		2,8	4,3	0,23		
Rodamientos de bolas con contacto angular, ser. 32, 33	1	0,6	0,42	1,16	1	
Rodamientos de rodillos a rótula	23024 - 23088	1	2,7	0,67	4	0,25
	92 - 230/500		2,9	4,4	0,23	
	23122 - 231/500	1	2,1	0,67	3,1	0,32
	22205 - 22207	1	2,5	3,7	0,27	
	08 - 09		2,9	4,4	0,23	
	10 - 15		3,4	0,67	5	0,2
	16 - 20		2,6	3,9	0,26	
	22 - 64		2,4	3,6	0,28	
	23218 - 23264	1	1,8	0,67	2,7	0,37
	21304 - 21305	1	2,8	4,2	0,24	
	06 - 10		3,2	0,67	4,8	0,21
	11 - 19		3,4	5	0,2	
	20 - 22		3,7	5,5	0,18	
	22308 - 22312	1	1,6	2,4	0,41	
	13 - 40		1,8	0,67	2,7	0,37
44 - 56	1,9		2,9	0,35		

1) Para $\frac{F_a}{F_r} \leq e$, se tiene $P = F_r$. Por consiguiente, la carga equivalente P nunca es inferior a la carga radial F_r .

En los rodamientos rígidos de bolas, los coeficientes X e Y dependen de la importancia relativa de la carga axial, que es expresada por la relación entre F_a y la capacidad de base estática C_0 del rodamiento.

TABLA N° 4-19

Seguridad de carga C para diferentes duraciones expresadas en horas de funcionamiento y para diferentes velocidades.

Duración en horas L_h	Revoluciones por minuto													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,35	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,61	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,61	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,61	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,61	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,61	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

Duración en horas L_h	Revoluciones por minuto													
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
100	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56
500	2,88	3,11	3,36	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
1000	3,61	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
1250	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
1600	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
2000	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
2500	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
3200	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
4000	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
5000	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8
6300	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2
8000	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6
10000	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2
12500	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9
16000	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7
20000	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7
25000	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8
32000	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1
40000	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1	
50000	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1		
63000	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1			
80000	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1				
100000	16,8	18,2	19,6	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1					
200000	21,2	22,9	24,7	26,7	28,8	31,1								

debido a que, al pie de los muelles el desnivel de las mareas alcanza 3.66 mts, consecuentemente no prestarán un servicio eficiente todo el tiempo que dure el embarque por las causas anotadas en cuanto a las mareas.

Cuando estos transportadores queden limitados funcionalmente, entonces se modificará el sistema de embarque y entrarán en funcionamiento las grúas que se describen en el próximo punto de la presente tesis.

El comportamiento en lo que se refiere a estructuras, bandas transportadoras, reductores de velocidad etc, es semejante a los transportadores que conducen el banano a las bodegas, por lo tanto el autor cree que no es necesario hacer una nueva selección ya que sus cálculos y diseños se basan en los mismos criterios.

d) GRUAS CON TRANSPORTADORES SUPERIORES Y LATERALES:

Las grúas objeto de este literal de la tesis, son bajo condiciones de una operación segura y que esté de acuerdo con las exigencias de los transportadores que van a servir de enlace o sea, específicamente tendrán la misma capacidad de operación de embarque, para que de esta manera se evite el aglomeramiento y la discontinuidad en el embarque, todo estará cuidadosamente concatenado para contrarrestar dificultades.

Las grúas constan con mecanismos simples pero eficientes que son los que recomiendan para esta clase de transporte; para el efecto, a continuación se procede a detalles de cálculo.

De las observaciones hechas durante varios meses, el máximo puntal de los buques llegados al puerto, ha sido de 57 pies y el mínimo calado 25 pies, por lo tanto, la altura-sobrante es $57-25 = 32$ pies; se puede concluir que la altura del elevador sea de 50 pies para asegurar una operación eficiente.

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL ELEVADOR

Se va a considerar que se trata de congilonos, los sitios donde se colocará las cajas de banano para que se eleven, partiendo de esta consideración tenemos la siguiente nomenclatura (Manual del Ing. Mecánico de Kent. Pag.26-31 y 32).

Sea:

- S = espacio entre portadores de caja igual a 24"
 c = libras de banano por cada portador de caja, o sea que son 90 libras (2 cajas)
 D = diámetro de la rueda base = 24"
 L = altura de Ft = 50 pi
 T = velocidad de la cadena = 20 pie/minuto

Determinación de la potencia necesaria para elevar el producto; la fórmula para su cálculo es.

$$H_p = 0.0005 C T/S (L + D),$$

Donde: C,T,S,L y D están descritos anteriormente.

$$H_p = 0.0005 \times \frac{90 \times 20}{24/12} (50 + 24/12)$$

$$H_p = 23.4$$

Determinación del arrastre de la cadena.

La fórmula para la determinación del arrastre es:

$$P = 12 D C/ S$$

Desarrollando se tiene:

TABLA N°4-23

Coefficiente de corrección por dientes.

Número de dientes en la rueda catalina conductora	Coefficiente de corrección por dientes K_F	Número de dientes en la rueda catalina conductora	Coefficiente de corrección por dientes K_F
11	0,53	22	1,29
12	0,62	23	1,35
13	0,70	24	1,41
14	0,78	25	1,46
15	0,85	30	1,73
16	0,92	35	1,95
17	1,00	40	2,15
18	1,05	45	2,37
19	1,11	50	2,51
20	1,18	55	2,66
21	1,26	60	2,80

El proyecto en Ing. Mecánica Shigley pág. 562

TABLA N°4-24

El proyecto en Ing. Mecánica Shigley pág. 561

Velocidad de la rueda, rpm	Número de cadena, normalizada según normas americanas											
	25	35	41	40	50	60	80	100	120	140	160	200
50	0,08	0,139	0,193	0,322	0,620	1,05	2,44	4,67	7,91	12,3	18,0	34,2
100	0,10	0,264	0,367	0,611	1,16	1,97	4,52	8,56	14,4	22,2	32,4	60,2
150	0,12	0,379	0,523	0,870	1,65	2,82	6,39	12,0	19,9	30,6	44,2	81,3
200	0,14	0,494	0,678	1,13	2,14	3,59	8,09	15,1	24,9	38,0	54,5	98,8
300	0,21	0,705	0,954	1,59	2,99	4,98	11,1	20,3	33,2	49,9	70,5	
400	0,28	0,90	1,21	2,02	3,77	6,22	13,6	25,0	39,7	58,8		
500	0,34	1,08	1,44	2,41	4,46	7,32	15,8	28,2	44,6			
600	0,40	1,25	1,66	2,77	5,09	8,29	17,6	30,9				
800	0,51	1,56	2,04	3,41	6,17	9,91	20,5					
1000	0,61	1,83	2,37	3,95	7,05	11,1						
1,200	0,70	2,08	2,65	4,41	7,75	12,1						
1,400	0,79	2,29	2,88	4,80	8,31	12,7						
1,600	0,87	2,48	3,06	5,10	8,70							
1,800	0,94	2,65	...	5,38	8,98							
2,000	1,00	2,79	...	5,57	9,13							

Cálculo de la tensión para transportadores ascendentes.

El cálculo se hace necesario debido al desnivel que se efectúa por los cambios de mareas y que al pie de los muelles es de 3.67 mts. pero para el diseño se considera 14.2 pie.

De la siguiente tabla se concluye que el máximo ángulo de diseño es 30° para este tipo de material que se desea transportar, pero se tomará por seguridad 20°.

Steep Grade Package Conveyor Belt Actual Slippage and Recommended design angle.

TABLA No. 4-25

handbook M 6314 - B - 4 U.S. Rubber pág. 15

Type	Weight of package	Angle of slippage	Maximun design angle.
Bur lap bag	100 lb	49	45
Container neapped			
in Brown paper	3-5 "	40	35
Bushel basket	48 "	30	25
Cord board carton	10-55 "	35	30
Cotton sack	80 "	44	40
Jule bag	100 "	44	40
large mesh bag	50 "	50	45
paper bag	25-100"	44	40
paper container	5 "	40	35
plastic tray	4 1/2"	30	25
hard rubber	7 "	32	27
wooden cose	8-40 "	35	30

Datos del transportador.

Peso de un cartón = 45 lbs.

Espacio de cada cartón = 22 pulgadas

Velocidad de la banda = 100 pie/minuto

Ancho de la banda = 20 pulgadas.

Distancia centro a centro (c-c) = 41 pies

Conductor = simple, la polea principal está cubierta por la banda en 180°.

Ajustadores = automáticos

Rodillos: 2 1/2 pulgadas espaciados a (7) pie.

Las tablas necesarias para la determinación de valores tan constantes son los mismos con los que se indican en el desarrollo del cálculo para transportadores a las bodegas.

$$W L = \frac{45 \times 12}{22} = 24.55 \text{ lbs/pie.}$$

De la tabla No. 4-3 descrita en el paso No. 3 de los transportadores a las bodegas se escoge los siguientes factores de fricción:

$$F = 0.40 \qquad F = 0.10$$

También se puede indicar que se estableció el tipo y espesor del material, siendo este 1/16 de pulgadas tipo armazón.

Cálculo de WB = peso de la banda por pie lineal. Como prueba se considera que este peso es igual a:

$$0.1 \text{ lb/pulg.}$$

$$WB = 0.1 \times 20 = 21 \text{ lb.}$$

We = peso de un rodillo por No. de rodillos por pie.

$$WR_j = 10 \times 1/7 = 10/7 \quad 1.43 \text{ lbs.}$$

(10 se obtiene de la tabla No. 4-4 que se encuentra en el paso 5 del cálculo anterior).

$$TE = (L \times F (W_1 + W_b)) + (L \times F_2 (W_b + WR_1)) + (W L \times H)$$

$$TE = (41 \times 0.4) \times (24.5 + 2) + (41 \times 0.1) (2 + 1.43) + (24.5 \times 14)$$

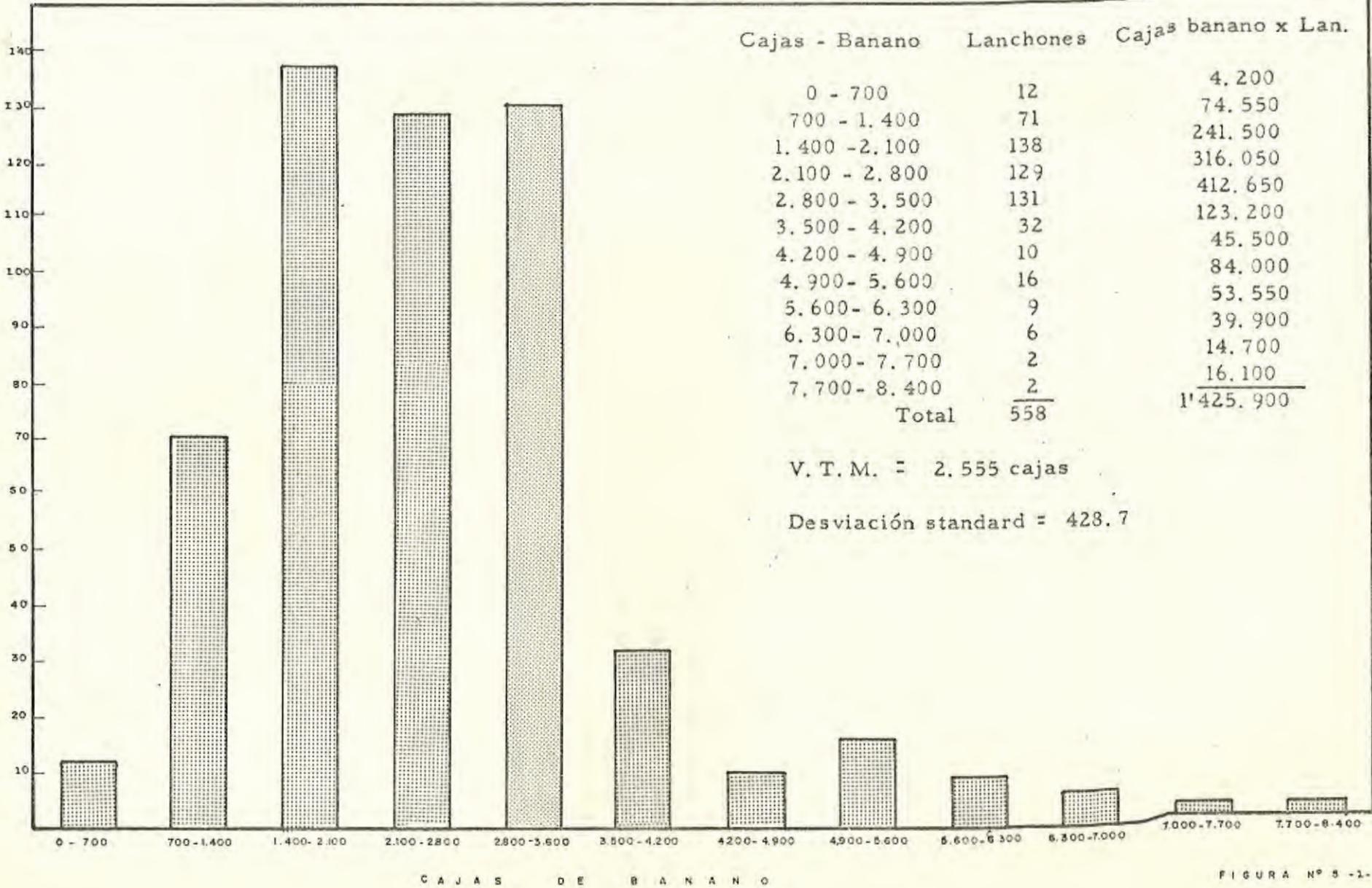
$$TE = (16.4) \times (24.7) + (4.1) (3.43) + (343) = 762 \text{ lbs.}$$

$$T_2 = TE \times K$$

$$T_1 = TE + T_2$$

(K se determina de la tabla No. 4-5 que se encuentra en el paso 6)

DISTRIBUCION DEL NUMERO DE CAJAS QUE TRANSPORTA UN LANCHON POR EMBARQUE



CAJAS DE BANANO

FIGURA Nº 5 - 2-

No. de Lanchones	Embarques	Lanchones por embarques
0	8	0
8	16	24
16	24	140
24	32	140
32	40	144
40	48	0
48	56	52
56	64	<u>60</u>
TOTAL		20
		560

V.T.M. = $560/20 = 28$ lanchones.

Estos valores se grafican en la figura 5-2, donde se aprecia que la distribución es tipo Poisson, por lo que podemos decir que se tiene una tasa media de llegada de 28 lanchones por embarque de doce horas. Las doce horas las tomamos como el tiempo promedio que se demorará un buque con un cargamento de 2.614 toneladas, que son los que se establecieron como el tonelaje promedio que llevan los buques que mayor tonelaje conducen al exterior del producto que se analiza y ha sido objeto de esta tesis.

CALCULO NUMERO OPTIMO DE ESTACIONES.- DETERMINACION DE VALORES:

Con los datos anteriormente indicados, vamos a determinar los valores, para lo cual tenemos:

λ = tasa media de llegada

$\lambda = 28/12 = 2.3$ llegadas por hora

μ = tasa media de servicio

$\mu = 60/15 = 4$ servicio por hora

K = número de estaciones de servicio y es lo que vamos a optimizar.

El número de estaciones de servicio necesarias se calculará en base de que el tiempo medio de espera de una llegada, debe ser despreciable, o sea que haya el número suficiente de estaciones para que los lanchones no tengan que esperar cuando llegan al Puerto.

FORMULA APLICABLE:

$$E(w) = \frac{M (\lambda/\mu)^k}{(K-1)! (K\mu - \lambda)^2} \cdot P_0 \quad * \quad E(w) = \text{Tiempo medio de espera de una llegada.}$$

En donde:

P_0 = La probabilidad de ocurrencia de un evento I_0 (o unidades en el sistema al tiempo $t + \Delta t$).

$$P_0 = \frac{1}{\left[\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right] + 1/k! \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k}$$

La fórmula P_0 , es válida si $K\mu > \lambda$, esto sucede a partir de $k=1$, por lo tanto, se efectúa el cálculo a partir de una estación.

Investigación de Operaciones por M. Sasieni, A. Maspan y L. Friedman. Pag. 154.

Para una estación.

Primero hacemos el cálculo de P_0 .

$$P_0 = \frac{1}{1/0! \left(\frac{2.3}{4} \right)^0 + 1/1 \left(\frac{2.3}{4} \right)^1} = \frac{1}{1 + 2.3/4} = \frac{1}{1 + 2.3/1.7} = \frac{1}{4 - 2.3}$$

$$\frac{1}{1 + 1.36} = 1/2.36$$

$$P_0 = 0.403.$$

Cálculo del tiempo medio de espera:

$$E(w) = \frac{4 \left(\frac{2.3}{4} \right) \times 0.4}{0!(1 \times 4 - 2.3)^2} = \frac{2.3 \times 0.4}{2.89} = 0.32 \text{ horas}$$

Cálculo para dos estaciones:

$$P_0 = \frac{1}{1/0! (2.3/4)^0 + 1/1! (2.3/4) + 1/2! (2.3/4)^2} = \frac{2 \times 4}{8 - 2.3}$$

$$\frac{1}{1 + 0.575 + \frac{4 \times 0.33}{5.7}}$$

$$P_0 = \frac{1}{1.575 + 0.232} = \frac{1}{1.807} = 0.124$$

El tiempo medio de espera será:

$$E(w) = \frac{4 (2.3/4)^2}{0! (2 \times 4 - 2.3)^2} \times 0.124 = \frac{4 \times 0.33 \times 0.124}{32.5} = \frac{0.136}{32.5}$$

= 0.0042 horas.

Para dos estaciones el tiempo medio de espera es sumamente pequeño, concluyendo que no tiene que esperar los lanchones.

CALCULO DE LA LONGITUD MEDIA DE LA COLA: Para efectuar este cálculo se emplea la fórmula siguiente:

$$E(m) = \frac{\lambda \mu (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2} \quad (1)$$

(Inv. Operaciones: Friedman, Ayaspan, Sadieni. pag 154)

Como se tiene que:

$$E(w) = \frac{\mu (\lambda/\mu)^k}{(k-1)! (k\mu - \lambda)^2}$$

Simplificando 1, se presenta que:

$$E(m) = \lambda E(w)$$

Con esta fórmula simplificada se procede al cálculo de la longitud media de la cola.

a) Para 1 estación el valor $E(w) = 0.32$, luego:

$$E(m) = 2.3 \times 0.32 = 0.73$$

Lo que significa que siempre habría un lanchón en espera.

b) Para 2 estaciones, el valor $E(w) = 0.0042$.

$$E(m) = 2.3 \times 0.0042 = 0.00966$$

Este valor es despreciable e indica que la cola es cero.

Como seguridad, en vista de que se ha tomado valores de promedios, de números de lanchones que sirven en un embarque y toneladas promedio que pueden transportarse en un lanchón mediante el cual se saca el tiempo promedio que es desocupado el mismo, y no se ha considerado el tiempo que el lanchón pierde en acomodarse y amarrarse perfectamente en la estación; vamos a efectuar el cálculo tomando también en consideración que como se tiene facilidades para el embarque del banano, el número promedio de lanchones que sirven en un embarque subiría.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede asumir perfectamente bien que el número de lanchones que hacen el servicio de un embarque es de 40 en un espacio asimismo de doce horas; el tiempo promedio que se demora un lanchón en desocuparse y en amarrarse y desamarrarse y en atracar y desatracar se asume en 25 minutos.

CAPITULO No. VI

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA OBRA.

En este capítulo se presentan diferentes formatos con la representación de las siguientes técnicas de planeamiento del proyecto, para su proceso de construcción como para su mantenimiento:

Programación para la construcción del proyecto;
Comparación de ofertas para la construcción del proyecto ;
Control de la programación, personal y equipo empleado;
Planilla de cobro ;
Programa mensual de inspecciones;
Hoja de inspecciones y solicitud de reparaciones;
Reporte de inspecciones.

Además se incluyen dos figuras denominadas: Control del Porcentaje de avance de la obra vs Tiempo de programación; y Porcentaje de avance de la obra vs Costo del proyecto.

ANALISIS DE LOS FORMATOS:

Formato No. 1.- En este formato se presenta la programación de la construcción del proyecto; se ha planificado que la construcción total de la obra durará 29 meses, y como se puede apreciar en esta hoja, se encuentra en detalle especificado las partes a construirse y sub-rayado su tiempo estimado de duración para la conclusión de cada etapa de operación hasta la terminación total del proyecto.

El tiempo que se ha estimado para la ejecución de cada operación, es considerando horas normales de trabajo, con personal especializado y equipos suficientes para la correcta

HOJA DE CONTROL DE LA PROGRAMACION DEL PERSONAL Y EQUIPO EMPLEADO MENSUAL

INGENIEROS
 CAPATACES
 OBREROS

PROYECTO :
 FECHA :

DESCRIPCION DE LAS PARTES DEL PROYECTO	DESCRIPCION DEL EQUIPO UTILIZADO	M E S E S :
		S E M A N A S

NOMENCLATURA:

PROYECTADO ; REALIZADO

FORMATO N° 3-A.

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

En este Capítulo se enfocará el problema económico del proyecto, para lo cual se plantea principalmente los siguientes aspectos:

- 1.- Presupuesto General del Proyecto;
- 2.- Costo de operación y mantenimiento;
- 3.- Proyecciones de ingresos con la nueva modalidad de embarque.

1.- PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO:

En este Presupuesto está incluido el suministro de toda la planta de instalaciones, mano de obra, materiales, herramientas y equipos, y en realizar todo el trabajo necesario indicados en los planos.

Fase Preliminar:	COSTO DEL PROYECTO			
	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Dragado	1.500.000	M3	S/ 15.00	S/ 22.500.000.00
Relleno arena	850.000	M3	" 30.00	" 25.500.000.00
Relleno granular escogido	50.000	M3	" 80.00	" 4.000.000.00
Colocar y remover sobrecarga.	150.000	M3	" 50.00	" <u>7.500.000.00</u>
				S/ 59.500.000.00

ESTRUCTURA DEL MUELLE:

Pilotes de hormigón pretensado	7.600	ML	" 400.00	" 3.040.000.00
Unidades losas pretensados S-1	425	c/u	4. 300.00	" 1.827.500.00
Unidades losas pretensados S-2	750	c/u	5.000.00	" 3.750.000.00
Postención unidades losas	170	operaciones	3.750.00	" 637.500.00

	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
armigón muelle	2.360	M3	S/ 5.250.00	S/ 12.390.000.00	
casas muros ci- mentos	1.000	M3	" 3.750.00	" 3.750.000.00	
revoque y pavimentación bitu- mosa	1.400	M3	" 110.00	" 154.000.00	
carpetas roca	8.690	M3	" 270.00	" 2.346.300.00	
grupo pilotes de cemento	80	c/u	" 6.000.00	" 480.000.00	
carpetas filtro de arena triturada	3.590	ML	" 150.00	" 538.500.00	
blestacado de cemento	3.170	Ton."	12.500.00	" 39.625.000.00	
sistema de defensa	200	M	4.000.00	" 800.000.00	69.338.800.00

FACILIDADES MANIPULACION BANANO:

estructura de acero	50	Ton."	20.000.00	" 1.000.000.00	
techo de asbesto	500	M2	" 150.00	" 75.000.00	
sistema monoriel				100.000.00	
techo de aluminio	1.500	c/u	" 500.00	" 750.000.00	
trabajo eléctrico				" 200.000.00	
plomería y desagüe				" 100.000.00	
carga buques				" 3.000.000.00	
sistema de transpor- tadores.				" 4.000.000.00	
relocalización muelle y embarque menores.				" 50.000.00	9.275.000.00
					138.113.800.00
					7.000.000.00
					S/145'113.800.00

2.- COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO:

El costo de operación y mantenimiento es el que ocasiona el proyecto por gastos de personal, materiales de mantenimiento, abastecimiento y gastos de adquisición de equipos.

Personal necesario: El costo estimativo del personal se hace en función de los sueldos y salarios actuales; este personal es considerado con la categoría de empleados y obreros, debido a que hay que reconocer varios recargos y beneficios sociales como son, pagos de Fondo de Reserva y Cesantía, Aportes al Seguro Social, Impuestos a la Renta, etc, el costo de personal, es:

Empleados: Para esta categoría por razón del Decreto No. 54 de Julio de 1970, el cálculo de los beneficios es considerado en un 20%.

CARGO	CANTIDAD	SUELDO	BENEF.	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Ing. Jefe					
Equipo	1	S/ 12.000.00	20%	S/ 14.200.00	S/172.800.00
Ayudante de Ing.	1	" 7.000.00	20%	" 8.400.00	" 100.800.00
					<u>S/ 273.600.00</u>

Obreros:

Los recargos y beneficios sociales para esta categoría se considera en un 100%:

Mecánico	1	" 120.00	100%	" 1.680.00	" 87.360.00
Electricista	1	" 120.00	100%	" 1.680.00	" 87.360.00
Ayudante mecánico.	2	" 160.00	100%	" 2.240.00	" 116.480.00
Ayudante eléctrico.	1	" 80.00	100%	" 1.120.00	" 58.240.00
					<u>S/ .349.440.00</u>

COSTO TOTAL ANUAL DEL PERSONAL

Empleados:	S/ 273.600.00
Obreros:	<u>" 349.440.00</u>
	<u>S/ .623.040.00</u>

Materiales de Mantenimiento: Se considera en este costo únicamente

te los materiales de mantenimiento y se excluyen la mano de obra, porque se la consideró anteriormente; estos materiales son los que se necesitará para la operación y mantenimiento de galpones, muelle, defensa, transportadores, etc y se considera inicialmente que este costo será de S/ 50.000., y se incrementará proporcionalmente en S/ 5.000.00 por año, hasta que su valor llegue a ser considerable y su costo no justifica seguir haciendo mantenimiento sino un reemplazo.

Abastecimiento: Este costo consiste en gastos de gasolina, aceites, grasas, materiales de oficina, etc, se estima que el costo inicial es de S/ 10.000.00.

Servicios: Los valores de este costo corresponden a fuerza eléctrica, agua potable y teléfono siendo su valor de :--- S/ 10.000.00.

Gastos Varios: Son los gastos misceláneos que son difíciles de identificar y que tienen que incluirse por facilidad S/ 10.000.00.

Depreciación del Equipo: Conforme se encuentran las necesidades, el equipo se incrementará y se irá reemplazando, se estima que el valor del equipo sea de S/ 10.000.000 y que su período de reemplazo sea de 20 años, luego se toma como depreciación anual S/ 500.000.00.

Costo total de operación:

Personal	S/ 623.040.00
Materiales Mantenimiento:"	50.000.00
Abastecimiento:	" 10.000.00
Servicios:	" 10.000.00
Varios:	" 10.000.00
Depreciación equipos:	" <u>500.000.00</u>
	S/1'203.040.00
	=====

:/.

3.- PROYECCIONES DE INGRESO CON LA NUEVA MODALIDAD DE EMBARQUE:

Para poder establecer esta proyección, a continuación se indica la reglamentación en cuanto a las tasas portuarias del producto, cuyo embarque automático es objeto de esta tesis.

En la sección segunda de esta reglamentación, artículo 16, acápite 3 y 4, se encuentran las tasas correspondientes, que dice:

Quince sucres (S/ 15.00) por tonelada de 1.000 kilos, para carga embarcada privadamente, fuera del área del terminal o sea fuera de los esteros, incluyendo racimos de banano.

Cada caja conteniendo banano de las variedades resistentes al Mal de panamá, pagará:

Tasa de muellaje que	43 lb.	34 lb.	28 lb.	26 lb.
en el Puerto de Gquil	S/ 0.079.	S/ 0.065382	S/ 0.05376	S/ 0.05
será cobrada por Auto				
ridad Portuaria.				

Cada caja conteniendo banano de la variedad Gross Mitchel:

Tasa de muelleja que	43 lb.	28 lb.
en el Puerto de Gquil	\$ 0.079	\$ 0.05376
será cobrada por Auto		
ridad Portuaria.		

Estas tasas fueron puestas en vigencia desde el año de 1971, por lo tanto nos sirve de base para los cálculos que nos proponemos.

El siguiente cuadro nos indica las equivalencias en sucres y el número de cajas que corresponden a una tonelada métrica.

CAJAS	NUMERO DE CAJAS POR TONELADA	TASA EN SUCRES POR TONELADA
43 lb.	50.56	S/ 8.994.
34 "	63.94	" 4.180.
28 "	77.64	" 4.174.
26 "	83.61	" 4.181.

Las estadísticas indican que durante el año de 1971, se ha exportado banano por el puerto de Guayaquil, en la siguiente forma:

CAJAS	TONELADAS	PORCENTAJE
43	324.500	61%
34	15.798	3%
28	129.916	24%
26	<u>61.312</u>	<u>12%</u>
TOTAL	531.526	100
RACIMOS:	<u>24.421</u>	
GENERAL:	555.947.	
	=====	

El porcentaje anteriormente indicado, nos sirve de referencia para la proyección de ingreso, además se considera que las 24.421 toneladas exportadas de racimos, se mantendrá - standard y si hay incremento éste será en pequeña escala.

En la página 2-6 del capítulo 2 de esta tesis, se tiene la proyección de las exportaciones de banano desde donde deduciremos la proyección para los primeros tres años, tomando como base el año 1973 para el primer año.

Año 1973

Valor proyectado: 743.300 toneladas
 743.300-24.421 = 718.879

CAPITULO No. VIII

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Es eminente y salta a primera vista, las repercusiones sociales que surgirán en la introducción del nuevo método de manipulación de banano; por esta razón se tratará de enfocar y sugerir la manera de absorber en parte, este problema que resulta de fundamental importancia. Esto se concluye como experiencia de lo sucedido en situaciones similares en otros países donde se han desarrollado diferentes tipos de problemas como resultado de haber puesto en práctica nuevos métodos de operación portuaria, como es el caso de los container; estas dificultades se limitan en primera instancia a que los embarcadores exigen reivindicaciones o amenazan con huelgas.

Por este motivo es necesario tomar en consideración lo que puede resultar como consecuencia de la introducción de este nuevo sistema, aunque no sea propiamente un problema para la empresa portuaria, sí se refleja más directamente en las compañías exportadoras del producto. No obstante es responsabilidad de la Autoridad Portuaria introducir mejoras en el método de sus operaciones de servicio portuario.

Para poder dar solución a estas primeras dificultades las compañías exportadoras deben obligarse ante el personal en acompañar al nuevo método de embarque con el mejoramiento en sus condiciones de trabajo para de esta manera poder conseguir que de buena gana este personal acepte la introducción de avances técnicos.

Continuando el análisis de las consecuencias sociales que resultarían con la introducción del embarque automático de banano, tenemos que considerar que uno de los problemas -- más importantes que habrá de afrontarse será el excedente de la mano de obra, pues en las operaciones con esta nue-

va modalidad la necesidad de mano de obra es considerablemente menor que con el método tradicional de embarque que es la del empleo de una gran cantidad de hombres, dependiendo del número de cajas a embarcarse; por ejemplo para un embarque de 200.000 cajas se necesita como promedio unos 480 hombres para que el embarque se cumpla en el tiempo que se ha establecido y es realizado desde los carros que transportan el producto a las bodegas del buque por medio de ramplas y al hombro; esto se torna más dificultoso cuando el embarque es realizado por agua o sea por medio de lanchones.

Por consiguiente, se tiene que ver la posibilidad dentro de ciertas limitaciones de prever la variación de las necesidades con antelación suficiente para tomar las medidas para remediarlo, además es necesario considerar que la aceleración de las operaciones en el puerto es probable que traigan consigo un aumento del intercambio comercial, lo cual a su vez se podrá contrarrestar la necesidad de reducir la fuerza de trabajo.

La cantidad de personal indispensable que será necesario reducir, se debe hacer aplicando criterios para seleccionar los trabajadores, es decir, tomando en consideración cierto número de elementos como: edad, antigüedad, comportamiento, cargas familiares, eficiencia, ausencias del trabajo y salud.

Las Compañías Exportadoras deberán asumir la responsabilidad de resolver el problema de desempleo provocado por la introducción del embarque mecanizado, pues, deberán buscar métodos para que se alivie la situación de este personal como ser: organizar flotas transportadoras desde los sitios de producción y un mejor trato del producto para así presentar una mejor calidad y mejor presentación; también se podría pensar en un arreglo entre la portuaria y las compañías navieras para emplear parte de este personal en efectuar una limpieza general de toda el área ocupado en el embarque, para así poder dar ocupación y solventar este problema de de-

desocupación.

Como conclusiones que se puede indicar en este proyecto, son las ventajas notorias que se han establecido a través de los capítulos Uno y Dos de esta tesis, donde se han indicado las mejoras que son posibles dentro del desarrollo portuario mismo y dentro de la exportación del producto, ya que se beneficia económicamente a un sector grande ecuatoriano que tiene conexión directa con este producto.

Incide dentro del desarrollo portuario en el sentido de que mejoraría su porcentaje de utilización de los atracaderos, por cuanto con este sistema automatizado el embarque se realizaría con mayor rapidez y lógicamente va a redundar en beneficio de un menor manipuleo del producto y por ende, en una mejor calidad del mismo.

A P E N D I C E

a) Bibliografía

b) Planos

BIBLIOGRAFIA:

Dock and Harbour engineering por H. F. Cornik. Edit. Charles griffin & Company Limited.

El proyecto en Ingeniería Mecánica por Joseph Edward Shi - gley. Editorial Mc. Graw Hill Book C. Año 1965.

Calculista de estructuras Ing. Simón Goldenhörn. Onceava Edi ción. AÑO 1966. Editorial H.F. Martínez de Murguía.

Física General de Perkins. Tercera Edición.

Essentials of structural design por Antony Hoodley. Edit. John Wiley / Inc.

An introduction to transportation engineering por William W. Hay. Edit. John Wiley & Sons Inc.

Handbook of Rigging por W.E. Rossnagel. Tercera Edición . Edit. Mc. Graw.Hill Book Company.

Maintenance engineering Handbook.

Segunda Edición. Mc. Graw Hill Book Company.

Análisis de la red en la planificación, programación y Con- trol. Por Juan M.T. Sosa Encalada. Gerardo A. Sylvester. Edit. Instituto de Publicaciones Navales. Primera Edición.

Handbook M 6314-B-4 United States Rubber Company.

Data book for civil engineers " De sign por Elwyn E. Seelye. Strength of materials. William Nash Schaum's outline series.

Método de optimización de sistemas de Ingeniería. Por Hugo Tobar.

Estadísticas Colección Schaum Edición en Español,
por Murray R. Spiegel.

Diseño de Estructuras Metálicas por Williams y Har-
ris.

Port design an construcción. Normal preparado por
Standing Commilte IV Construcción & maintenance.

Mechanical engineers' handbook, por Kent's. Edición
12. Editorial John Wiley & Sons Inc.

Investigación de Operaciones. Por Maurice Sasieni, Ar-
thur Yaspan, Lawrence Friedman.

Centro Regional de Ayuda Técnica México. Año 1967.



39.00

3.00

MUELLE BARCAZAS

ESCALA 1:250

TESIS DE GRADO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

PLANO-B- DISPOSICION GENERAL Y DETALLE
MUELLE PARA BARCAZAS

FECHA SEPT.

preparado por: Gabriel E. Góndez G.

ESCALA INDICADA

aprobado por: Ing Ricardo Casero M.

ESC 1:10

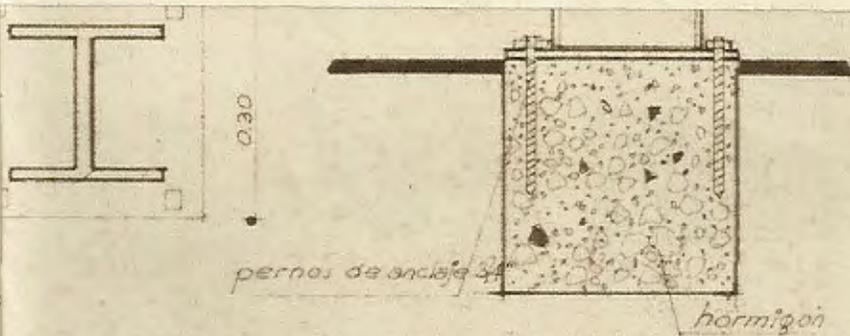
TESIS DE GRADO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

PLANO-C- BODEGA PARA ALMACENAJE RACIMOS

FECHA: SEPT 1973 preparado por: Gabriel Cárdenas G.

ESCALA: INDICADA aprobado por: Ing. Ricardo Casas M.



DETALLE DE ANCLAJE

1:10

TESIS DE GRADO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

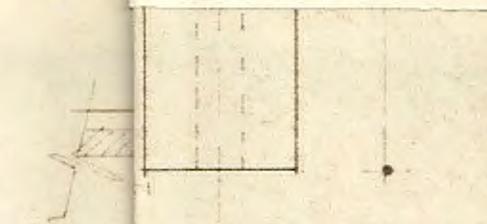
PLANO-D- BODEGA PARA ALMACENAJE DE CAJAS

FECHA: SEPT 1975

preparado por: Gabriel E. Cárdenas G.

ESCALA: 1:100

Aprobado por: Ing. Ricardo Cassis M.



QUE DEFENSIVO CAUCHO

Esc 1:10

TESIS DE GRADO

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

PLANO -E- SISTEMA DE DEFENSA

FECHA: SEPT. 1973

preparado por: Gabriel E. Cárdenas G.

ESCALA: VARIAS

aprobado por: Ing Ricardo Cossis M.