

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO DE UNA MAQUINA SEMI-AUTOMATICA
PARA EL PROCESO DE PULIDO DE POZAS DE
LAVADEROS DE ACERO INOXIDABLE DE USO
DOMESTICO**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECANICO

LUIS NAPOLEON SANCHEZ RAFAEL

PROMOCION 90-II

LIMA - PERU

1992

INDICE

	PAG.
PROLOGO	3
I.- INTRODUCCION	5
II.- OPERACIONES DE PULIDO	7
2.1.- Proceso de pulido	25
2.2.- Implementos para el pulido	36
2.3.- Normas y estandares para el pulido	44
III.-EQUIPOS PARA EL PULIDO	49
3.1.- Clases de equipos para el pulido	49
3.2.- Funcionamiento de los equipos para el pulido	50
3.3. Componentes de los equipos para el pulido	.69
3.4.- Sistemas de control de los equipos pulidos	75
IV.- PARAMETROS DE DISEÑO	77
4.1.- Velocidad de operación	77
4.2.- Presión de operación	78
4.3.- Potencia requerida	79

4.4.- Configuración del sistema	85'
V.- DISEÑO DE LA MAQUINA PULIDORA	86
5.1.- Diseño de la transmisión y eje pulidor ...	86
5.2.- Diseño del sistema Neumático	110
5.3.- Cálculo y selección de los componentes Neumáticos	114
5.4.- Diseño de la estructura soporte	134
5.5.- Diseño de la transmisión de la mesa sujetadora	142
5.6.- Diseño de la estructura de la mesa sujetadora	154
VI.- ANALISIS ECONOMICO	156
6.1.- Costos de material	156
6.2.- Costos de fabricación	156
6.3.- Costos de componentes	157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	168
BIBLIOGRAFIA	171
PLANOS	
AFENDICE	

PROLOGO

En el desarrollo de la presente tesis se da a conocer como se lleva a cabo el proceso de pulido de la poza del lavadero de acero inoxidable de uso doméstico mediante una máquina semi-automática, cuyo diseño es el objetivo que se persigue. Hay que indicar que el pulido de la plataforma o fregadero se realiza en otra máquina semejante.

Pero además se informa sobre otros métodos de pulido, tales como el pulido Mecánico, Químico, Electroquímico, etc. Todos los cuales tienen una aplicación definida y práctica.

En nuestro caso el proceso de pulido se realiza con una máquina Electro-Neumática que realiza ciclos totalmente automáticos de pulimentación (sea del fondo de la poza o paredes laterales), con ayuda de un abrasivo pastoso y diferentes tipos de escobillas.

La importancia del pulido de este producto radica en su presentación para su mejor aceptabilidad por el público, pero mas importante aún es el papel que realiza

la neumática en este proceso, ya que cada ciclo automático lo hace en forma rápida y eficiente.

La teoría fundamental se da en gran parte para proporcionar una base práctica industrial a la cual se aplican las operaciones elementales de pulido, tanto para un buen acabado superficial en elementos de máquinas, para evitar vibraciones, como para dar una mejor presentación en otros productos.

Luis N. Sánchez Rafael

INTRODUCCION:

La competencia económica desde hace varias décadas busca producir mas unidades de un producto cualquiera en menor tiempo, es decir busca elevar la productividad para disminuir sus costos. Entonces actualmente hay la necesidad de automatizar procesos de producción, en la mayoría de empresas empleando nuevos métodos; evitando los trabajos manuales y que no dependan del hombre pero cuyos resultados sean mas eficientes. En nuestro caso se reemplaza la fuerza muscular del hombre por la fuerza neumática, la cuál realiza varias funciones en forma mas rápida, mas uniforme y durante mucho mas tiempo sin que se vea afectado por la fatiga.

Nuestra máquina está dentro de las máquinas de mecanizado con abrasivos, es por esto que hacemos una descripción de éstos, con sus características.

Posteriormente se muestra el estado y perfil de una superficie y una tabla conteniendo los diferentes métodos para medir el grado de rugosidad, con lo cuál se ha

llegado a definir el concepto de pulido y su diferencia con su rectificado.

A continuación se da información de los diferentes métodos de pulido con sus respectivos implementos y sus aplicaciones.

Para medir la rugosidad se han establecido normas en los países industrializados las cuales se trata de unificar en la recomendación ISO (Organización Internacional De Normalización), la cual nos ofrece una tabla de valores normalizados de la rugosidad.

Los diferentes equipos y máquinas de pulir son mostradas en el siguiente capítulo, cada uno con su forma de funcionamiento, sus componentes y sus sistemas de control.

Se establece en la continuación los parámetros de diseño, las cuales se dan en base a recomendaciones ya establecidas, tales como la velocidad de eje pulidor con su escobilla, las presiones, etc. Para luego ya entrar en el diseño en base a estos datos establecidos y datos tomados en la propia máquina.

II.- OPERACIONES DE PULIDO

La operación de pulido de esta enmarcado dentro de una de las diferentes formas de acabado superficial o mecanizado con abrasivos, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

MAQUINAS PARA EL MECANIZADO CON ABRASIVOS

CLASE DE TRABAJO	MAQUINAS
DESBASTE (sin precisión) -----	ESMERILADORAS
AFILADO (relativa precisión) ----	AFILADORAS DE HERRAMIENTAS
AFINADO (alta precisión)	RECTIFICADORAS <ul style="list-style-type: none">- Cilíndrica- Sin centros- Planas- Especiales
ACABADO	<ul style="list-style-type: none">- LAPEADORAS- SUPERACABADORAS- PULIDORAS- BRUÑIDORAS

Para llevar a cabo este tipo de mecanizado (pulido) se utiliza como herramientas se trabajo algunos de los abrasivos que a continuación describimos:

ABRASIVOS

Estan formados por granos durísimos de cantos vivos, son comparables a los dientes de una fresa y deben arrancar limpiamente la viruta aun cuando ésta sea pequeñísimas dimensiones.

Los granos abrasivos deben ajustarse a las siguientes características:

Gran dureza, próxima al diamante;

Tener cantos vivos;

No quebrarse fácilmente;

Grado de finura de acuerdo con el trabajo a realizar;

Uniformidad de dimensiones;

Resistencia al calor desarrollado por el rozamiento;

Fractura formado por aristas cortantes.

Los abrasivos pueden ser naturales y artificiales o sintéticos.

A.- ABRASIVOS NATURALES

*** ARENISCA, GRES, CUARZO**

El abrasivo de estas piedras es esencialmente el bióxido de silicio SiO_2 y el aglutinante, carbonato

de calcio CaCO_3 . Las muelas construidas con estos materiales se refrigeran con agua.

* PIEDRAS AL ACEITE

Son más duras y de estructura más finas que las anteriores, y se encuentran generalmente en los yacimientos de cuarzo. Trabajan mejor si se humedecen con aceite.

* ESMERIL

Es una piedra que contiene aproximadamente 55% de óxido de Aluminio Al_2O_3 , mezclado con Sílice y óxido de Hierro.

Las muelas fabricadas con este material son poco homogéneas, se calientan mucho y cortan poco; se emplean para trabajos de desbastado. El polvo de esmeril se emplea para pulir superficies.

* CORINDON

Es un esmeril más puro, que contiene 80% de Al_2O_3 cristalizado: es bastante más duro que el esmeril común. Sus aristas vivas resisten mucho al desgaste y es adecuado para arrancar rápidamente grandes cantidades de material.

B.- ABRASIVOS SINTETICOS

Los abrasivos sintéticos son homogéneos, puros y de gran dureza.

Varían de nombre según la firma que los fabrica; pueden ser a base de óxido de Aluminio, de carburo de Silicio, de carburo de Boro o de conglomerado de diamante.

* ALUMINA

Se obtiene de la bauxita amorfo de Al, fundiéndola en horno eléctrico a unos 3000° y luego reduciendo a granos y polvos los bloques formados durante la solidificación. Mezclado el producto con carbón, fundentes y minerales de hierro, se calienta nuevamente hasta muy alta temperatura para eliminar las impurezas. Una vez vuelto a enfriar se pulveriza y empasta con un aglutinante apropiado.

La alúmina es mas dura que el esmeril, y resiste bién la compresión.

Se emplea para trabajar metales duros, aceros, aceros templados, nitrurado, fundición blanca. Se preparan cuatro tipos.

- Negro ($Al_2O_3 \approx 73\%$) - Castaño ($Al_2O_3 \approx 94\%$)

- Rosado ($Al_2O_3 \approx 97\%$) Blanco ($Al_2O_3 \approx 99.7\%$)

* CARBORUNDUN

Se obtiene tratando en horno eléctrico a unos 2200°C una mezcla de arena silicea, coque, sal marina, y aserrín de madera, quedando un masa cristalina de carburo de silicio (30% de C y 70% de Si).

Es mas duro y corriente y menos frágil que la alumina aunque resiste poco a la compresión. Se emplea para trabajar metales dulces: Fundición gris, bronce y latón.

Su poder abrasivo unas cinco veces superior al de la alúmina le permite trabajar los carburos metálicos obtenidos por sinterización.

* BOROLON (diamante negro)

Es un carburo de boro, conteniendo aproximadamente 78% de boro y 21% de C. Es mas duro pero mas frágil que el carborúndun. No se consigue aglomerar con los aglutinantes normales, lo que impide su empleo para la fabricación de muelas.

* AGLOMERADOS DE DIAMANTES

Se preparan por sinterización, es decir aglomerando a alta presión y temperatura, granos o polvo de diamante con un material ligante tal como el hierro, cobre, aluminio o estaño. Con ello se

consigue un producto de gran dureza y potencia abrasiva, pero muy costoso.

* AGLUTINANTES

Los aglutinantes o cementos tienen la misión de mantener unidos los granos de abrasivo mientras éstos conserven su eficacia, y la de conferir a la muela la resistencia necesaria, pero deben permitir el desprendimiento de los granos ya gastados.

Las muelas duras retienen más los granos que las blandas, por lo que las primeras son adecuadas al trabajo de metales blandos y las segundas al de los duros con los que los granos se desgastan más rápidamente.

Al elegir un aglutinante hay que tener en cuenta dos factores fundamentales:

La fuerza centrífuga debida a la velocidad de rotación:

La presión a ejercer contra la pieza.

En otro tiempo se utilizaba, el cemento, cola de carpintero, azufre y goma, pero actualmente se usan los siguientes:

* AGLUTINANTES CERAMICOS O VITRIFICABLES

Compuestos de caolín o arcilla con 10 a 25% de abrasivo, cocido hasta iniciar la vitrificación a unos 1300°C en forma parecida a la fabricación de porcelana.

Las muelas así obtenidas son bastante homogéneas, mordientes, pero poco elásticas, permitiendo velocidades periféricas de unos m/seg. aproximadamente 90% de las muelas que se utilizan son de este tipo.

* AGLUTINANTES DE SILICATO

Se mezcla silicato sódico con un poco de arcilla y con la proporción de abrasivo deseado, cociendo luego a temperatura notablemente más alta que en el caso anterior, unos 3000°C.

Estas muelas son más económicas que las cerámicas, pero son más blandas y frágiles.

Pueden trabajar a velocidades periférica de unos 25 m/seg.

* AGLUTINANTES DE GOMA

A base de goma laca o de caucho natural o sintético que se cuece a baja temperatura.

Son aglomerantes elásticas pero de resistencia discreta;; se construyen con ellos muelas muy finas que pueden girar a velocidades de hasta 60 m/seg. , y que se emplean en trabajos de corte y para un acabado finísimo de las superficies de las piezas.

* AGLUTINANTES RESINOSOS

Compuestos base de resinas sintéticas tales como la baquelita, las muelas construidas con este material son muy elásticas pudiendo alcanzar velocidades periféricas de unos 90 m/seg. Se utilizan en trabajos de corte, desbastados, afilado y rectificado.

* AGLUTINANTES DE LACA

Compuestos a base de una sustancia resinosa especial que se extrae de los excrementos de un insecto. Pero ahora existe laca sintética.

Se construyen con ellos muelas finas y elásticas propias para trabajos de corte y acabado superficial.

* AGLUTINANTES METALICOS

Formados por polvo metálico sinterizados o por aleaciones a base de hierro-niquel o de tungsteno-cobalto. Se emplean exclusivamente para las muelas diamantadas destinadas a rectificar acero nitrurado y para afilar herramientas con plaquitas de carburo.

* POROSIDAD

Durante la fabricación de las muelas cerámicas, su aglomerante se vitrifica con disminución de volumen formándose en consecuencia poros en su masa. El tamaño de estos poros influye notablemente sobre el comportamiento de la muela.

En efecto, durante el trabajo, las virutillas del metal se introducen momentaneamente en dichos poros de donde son expulsados luego por fuerza centrífuga tan pronto la muela pierde contacto con la pieza.

Si los poros son demasiados pequeños la muela tienden a embotarse, por que las partículas de

metal quedan retenidos en ellos, impidiendo la acción de los granos y dificultando su desprendimiento, por lo que no pueden entrar en acción los de las capas siguientes.

Cuando se da este caso hay que repasar frecuentemente las muelas para dejar al descubierto los granos de abrasivo de la capa inmediata inferior. Por lo tanto, se deberan usar muelas de poros amplios cuando hay que trabajar con ellas superficies extensas con arranque de virutas grandes, y por el contrario se emplearan muelas de estructura compacta cuando deben formarse virutillas pequeñas.

DUREZA Y SU MEDICION

Se ha dicho que una de las características básicas de todo abrasivo es su pureza y que todo material raya a otro siempre que sea mas duro que ellos; lo que tenemos que añadir que efectuará mejor su función cuando además de ser mas duro tenga también una forma y estructura adecuadas.

Para poder determinar la dureza de los materiales, el hombre ha ideado diversos métodos, desde los ordinales mas sencillos (escala de Mohs) hasta otro que dan valores relativos en función de unas condiciones determinadas de antemano.

Hace ya muchos años (1812), el físico Mohs. Estableció la escala de dureza que lleva su nombre y que consiste en ordenar los materiales que en ella aparecen; de forma que cada uno de ellos raya al que precede, En la tabla #1 puede verse la representación de dicha escala; en ella cada material utilizado es rayado por la siguiente; por lo tanto cuanto más alto es el número de la escala de Mohs establece una ordenación de durezas, pero no indica cuantas veces es mas duro un material con relación a otro.

Para determinar el valor absoluto de la dureza de un material abrasivo cualquiera, se utilizará la escala Knoop, de concepción más moderna y que parte de esfuerzos de rayado que ejerce el diamante sobre cada material. En la misma tabla #1 puede verse la comparación entre las escalas de Mohs y Knoop para los materiales tipo utilizados por Mohs.

MATERIALES	ESCALA MOHS	ESCALA NOOF
TALCO	1	12.3
YESO	2	61
CALCITA	3	141
FLUORITA	4	181
APATITA	5	483
VIDRIO	6	621
CUARZO	7	788
TOFACIO	8	1,190
CORINON	9	2,200
DIAMANTE	10	8,200

TABLA 1 Comparación de las escalas de dureza Mohs y Noop

En el año de 1950, Kamensew, basandose en la escala de Mohs, determinó valores intermedios para los diversos abrasivos y efectuó una agrupación de los abrasivos a base de una prueba de amolado, creando una escala dinámica que lleva su nombre. En la tabla 2 pueden verse los valores de las diversas escalas para algunos abrasivos.

ABRASIVOS	Dureza Mohs		Dureza Abrasivo
	Escala Original año 1812	Ampliac. KAMENSEN 1950	Escala Dinamica KAMENSEN
Cuarzo	7	7	7
Granate	8	-	-
Corindon Natural	9	9.	9
Oxido de Aluminio Blanco	9	9.03	10
Oxido de Aluminio Marron	9	9.06	11
Carburo Wolframio	9	9.09	12
SiC Verde	9	9.13	13.4
SiC Negro	9	9.15	14
Carburo de Boro	9	9.32	19.7
Diamante	10	10.00	36.4-42.4

TABLA 2 Comparación de Escalas

Aplicando la medición de durezas, no sólo a los materiales abrasivos sino a cualquier tipo de material, podemos agrupar los diversos métodos empleados en tres grupos:

- a) Métodos de Rayado
- b) Método de Penetración
- c) Métodos de Rebote

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Las características físico-químicas de los abrasivos artificiales presentan ciertas diferencias según el fabricante, pero generalmente pueden considerarse como modelo tipo el que para cada abrasivo se indica en la tabla 3.

	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	OX. ALUM.	C. SILICIO	C. SILICIO
	BLANCO	ROSA	OX. ALUM. SEMI FRIABLE	NORMAL	RUBI	MONOCRISTAL	CIRCONIO	NEGRO	VERDE			
COLOR	BLANCO	ROSA	MARRON CLARO	MARRON	RUBI	MARRON	GRIS AMAR.	NEGRO	VERDE			
CARACTERISTICAS	DURO Y FRIABLE	DURO ALGO FRIABLE	DURO Y TENAS	DURO Y MUY TENAZ	DURO Y FRIABLE	DURO Y DE ELEVADA TENACIDAD	DURO Y DE ELEVADA TENACIDAD	DURO Y ALGO FRIABLE	DURO Y ALGO FRIABLE			
PESO ESPECIFICO	3.92	3.93	3.94	3.97	3.95	3.97	4.55	3.20	3.20			
PUNTO DE FUSION	2,050 °C	2,050 °C	2,000 °C	1,950 °C	2,050 °C	1,950 °C	1,900 °C	2,500 °C	2,500 °C			
COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL	8.6x10 °C	8.6x10 °C	8.6x10 °C	8.6x10 °C	8.6 x 10 °C	8.6 x 10 °C	.....	4.7x10 °C	4.7x10 °C			
Al O	99.680%	99.430%	98.200%	95.800%	95.000%	95.800%	54.350%	0.100%	.....		
Si O	0.100%	0.100%	0.500%	0.700%	1.000%	0.700%	0.600%	.....	.....	
Fe O	0.020%	0.020%	0.150%	0.150%	0.150%	0.200%	0.250%	.....	.....	
Ti O	0.008%	0.008%	0.900%	3.100%	3.100%	3.100%	2.200%	0.200%	.....		
Ca O	.....	.....	0.200%	0.200%	0.150%	0.200%	0.100%	.....	.....	
Na O	0.200%	0.200%	0.050%	0.020%	.....	0.020%	.....	.....	.....
Cr O	.....	0.250%	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Zr O	.....	.....	.....	.....	.....	.....	42.500%	.....	.....	
Si C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	98.000%	.....		
Si	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.300%	.....		
C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0.030%	.....		

TABLA 3 Propiedades de los Abrasivos Artificiales mas empleados

FACTORES QUE DEFINEN UN ESTADO DE SUPERFICIE

Los factores que determinan de un modo preciso las características de una superficie mecanizada, son la rugosidad, la ondulación, la dirección o sentido de las estrias.

Supongamos un perfil bastante aumentado como los de la figura 1 de una superficie obtenida con un procedimiento cualquiera de acabado (mecanizado) con máquina herramienta,

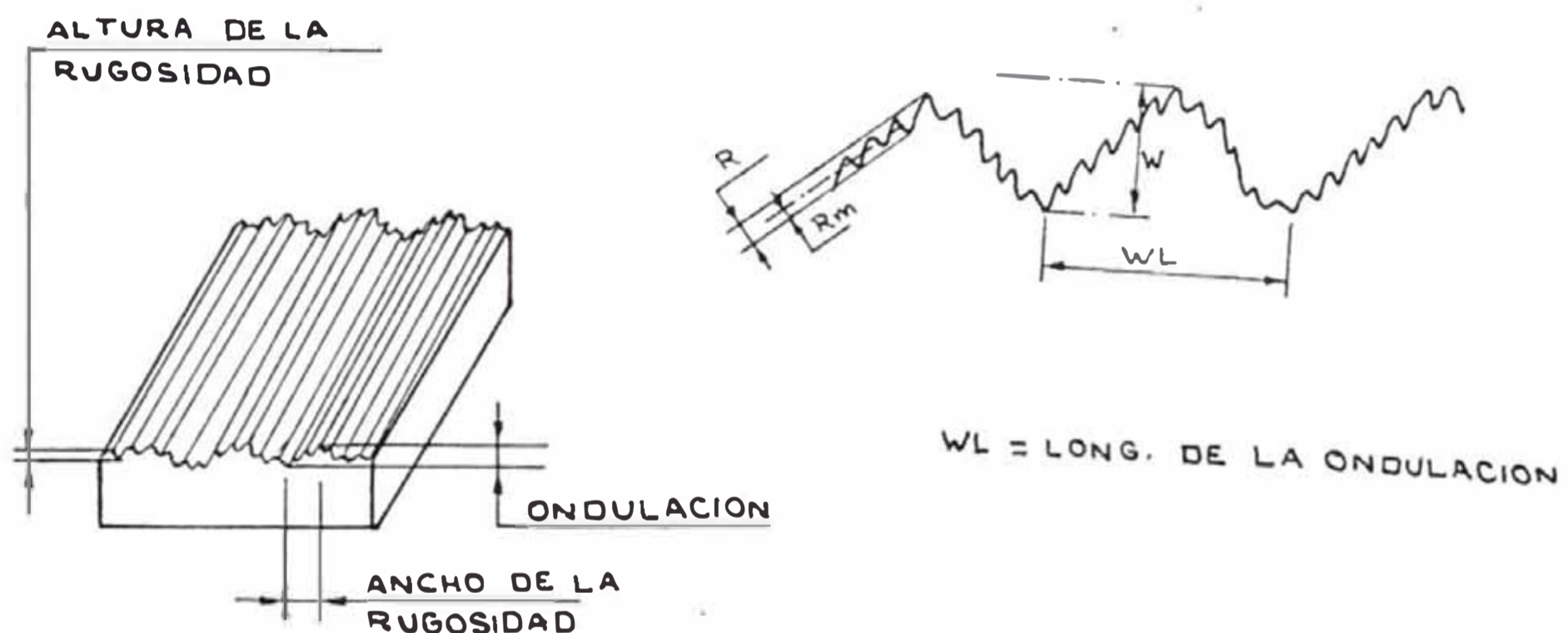


FIG. 1

La Rugosidad (R) esta representada por las irregularidades de superficies, espaciadas con mas o menos finura, es decir por los surcos producidos por el filo de la herramienta o por los granos abrasivos.

Así como el avance de la máquina útil. Esta rugosidad puede ser considerada como superpuesta en una superficie ondulada.

La Ondulación (w) se refiere a las irregularidades de superficie que tienen mayor espaciado que la rugosidad, y que pueden provenir de desviaciones de la máquina, o de la pieza, o de vibraciones, etc.

El sentido de la rugosidad es la dirección u orientación que tienen las estrías, o sea el perfil predominante de la superficie

El ancho entre estrías o ancho de la rugosidad es la separación máxima admisible entre surcos contiguos del perfil dominante de la superficie.

La mas importante de estas características es la altura de la rugosidad, es decir la rugosidad propiamente dicha, la cual puede ser determinada siguiendo dos métodos diferentes:

a) For medición de la rugosidad con ayuda de instrumentos apropiados tales como podemos apreciar en la tabla #4.

b) Por comparación visual y sensitiva de la superficie con muestra de acabado, cuyo valor de la rugosidad es conocido.

El primer método es el único medio de conocer exactamente el grado de rugosidad. El segundo sólo aclara si una superficie es mas o menos rugosa que las muestras establecidas.

	METODOS	DENOMINACION	GAMMA DE RUGOSIDADES	DOCUMENTOS	DATOS QUE OFRECE
RUGOSIMETROS	ELECTRICOS	MICROMETRO	1000	DIAGRAMA INMEDIATO	$R_m - R_t - R_9$
		TALYSULF	15	--	R_a
		COMPROBADOR	50	DIAGRAMA INMEDIATO	$R_a - R_t$
		PERFILOMETRO	100	DIAGRAMA INMEDIATO	$R_t - R_p - R_a - R_s$
	MECANICO	INDICADOR SUPERFICIAL	400	--	R_t
	OPTICO	APARATO POSTER	0.5 - 100	DIAGRAMA PREVIO REVELADO	R_t
LUZ SECCIONADA		MICROSCOPIO DE LUZ SECCIONADA	1 - 400	FOTOGRAFIA	R_t
INTERFERENCIAS		MICROSCOPIO DE INTERFERENCIA	0.03 - 30	FOTOGRAFIA	R_t
		COMPROBADOR DE SUPERFICIES	0.03 - 30	FOTOGRAFIA	R_t
		MULTIMI 3000	0.005 - 25	FOTOGRAFIA	R_t

TABLA 4 : Principales Instrumentos usados para medir rugosidades

La unidad de medida de la rugosidad es la Micra " μ " que equivale a una milésima de milímetro.

En todo perfil de rugosidad superficial distinguiremos las siguientes líneas:

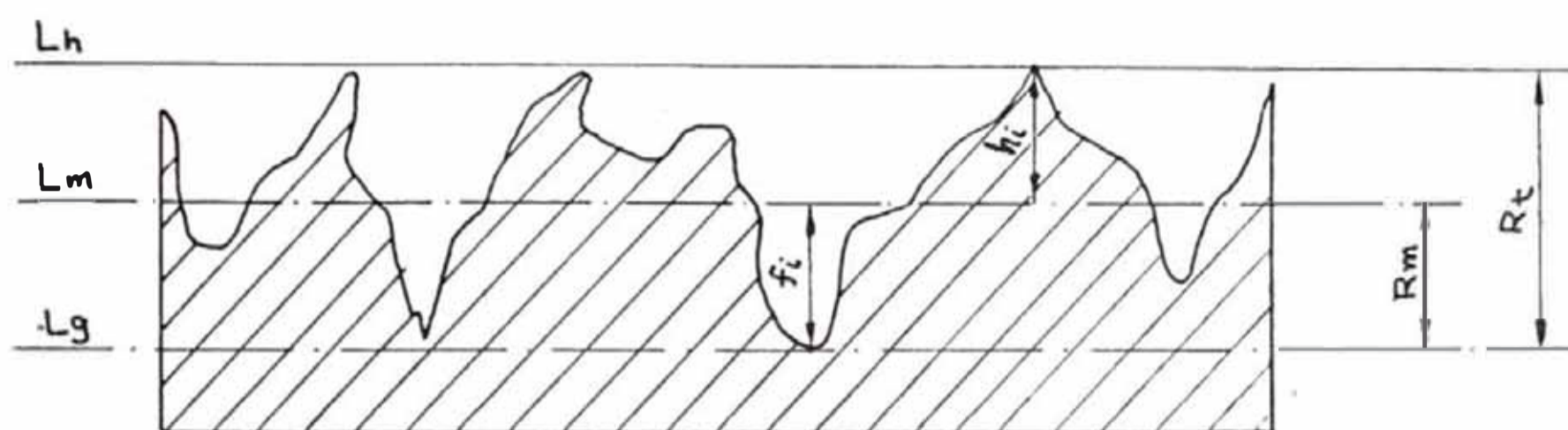


FIG.2

L_h Línea límite superior

L_g Línea límite inferior

L_m Línea media

R_t Rugosidad total

R_m Rugosidad media

A partir del diagrama obtenido por uno de los 3 rugosímetros eléctricos se obtienen R_m (Rugosidad media aritmética) y R_q (rugosidad media cuadrática).

$$R_a = \frac{\sum h_1}{n} \quad R_m = \left[\frac{\sum h_1^2 + \sum f_1^2}{n} \right]^{1/2}$$

h_1 y f_1 se toman los necesarios, mientras mas, sera mejor.

2.1.- PROCESO DE PULIDO

CONCEPTO DE PULIDO:

El empleo de abrasivos no se limita al mecanizado de superficies con muela o lijado con abrasivos flexibles, si no que con ellos se confeccionan una serie de productos destinados fundamentalmente al acabado o mejorado de la calidad superficial y la apariencia de los productos de todo tamaño, forma y material, aplicándose no sólo a piezas individuales, sino de modo especial a producción en serie.

La eliminación de rebabas en piezas forjadas, troqueladas, fundidas o embutidas y el conseguir aristas redondeadas, la mejora del acabado superficial para un posterior recubrimiento electrolítico o su pintado, la obtención de piezas planas, circulares o complejas dentro de estrechas rugosidades, la presentación de piezas en calidades mates o brillantes, etc. Son algunas de las operaciones realizadas con abrasivos, empleándolas

adecuadamente en máquinas e instalaciones especiales, tales como bombos rotativos o vibratorios, máquinas pulidoras de accionamiento neumático y controles eléctricos, máquinas para el chorreado en seco o en húmedo, etc.

Tampoco hay que olvidar las posibilidades que nos ofrecen los abrasivos aplicados sobre fibras "no tejidas" para el acabado de piezas las cuales pueden obtenerse en varias calidades y en cualquiera de las formas habituales de los abrasivos flexibles, bandas, discos, cepillos de fibra vegetal, etc.

Al entrar mas de lleno en estos métodos de acabado con abrasivo, puede ser conveniente definir la diferencia existente entre los conceptos de rectificación y pulido, ya que en si el rectificado es un método de arranque de viruta, es decir, un sistema mecanizado que elimina material y por el contrario el pulido consiste en suprimir rugosidades, pequeñas rebabas y hendiduras que aparecen aun en los rectificados mas finos, en este proceso la superficie del material se resblandece, de forma que las puntas caen dentro de las hendiduras, produciendose una igualación de toda la superficie.

Para aclarar conceptos debemos recordar que los metales poseen una cierta elasticidad. La fig.3 siguiente muestra una huella típica de rectificado en un metal.

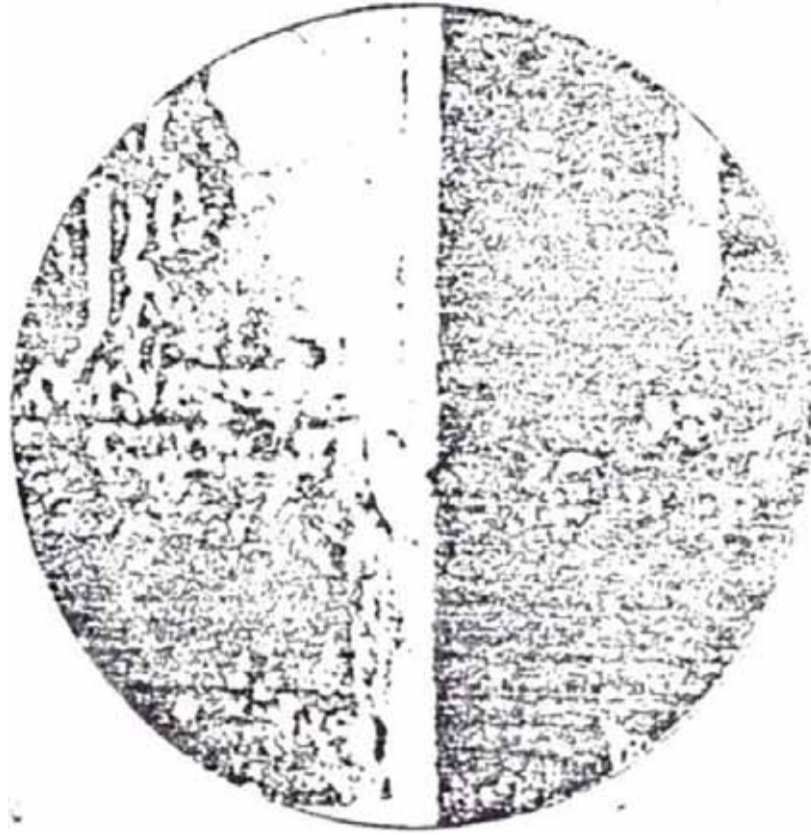


FIG.3

Puede verse que el metal se ha deformado bajo la presión del grano abrasivo y los bordes de la huella dejada por el grano son relativamente lisos y afilados.

Estos materiales elásticos al ser mecanizados por el grano abrasivo, forman también virutas como puede verse en la fig.4, siguiente:

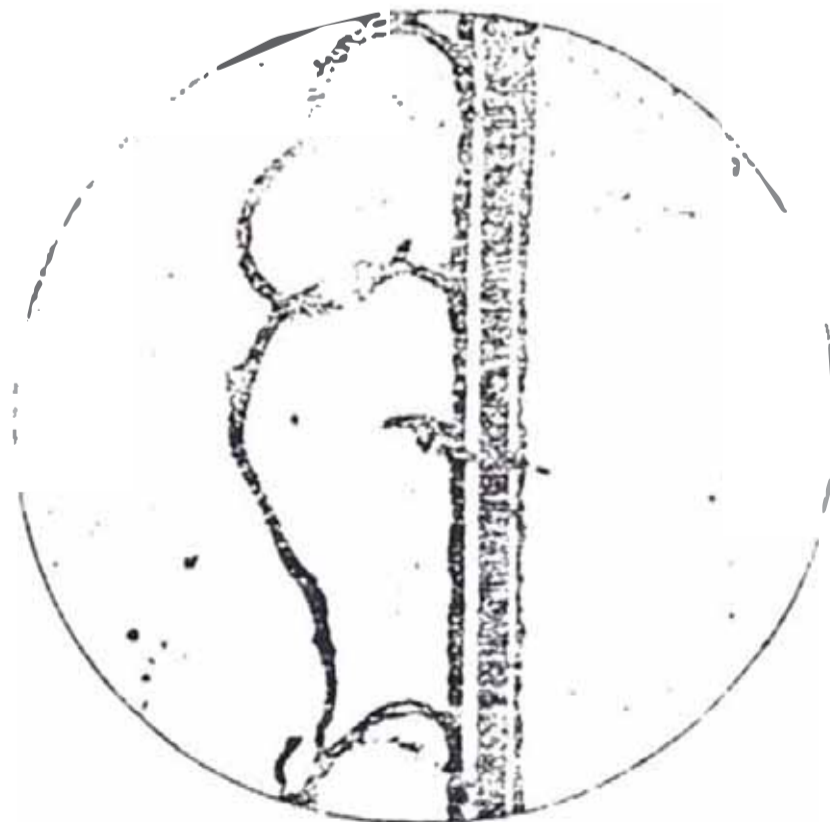


FIG.4

De muy diferente manera se comporta los materiales mas frágiles, la siguiente fig.5 muestra una huella de rectificado en una superficie de barniz poliester.



FIG. 5



FIG. 6

La imagen muestra con claridad que estamos tratando con un material mas frágil como si se trabajara con cristal. Al rectificar no conseguimos ningún borde liso en la huella dejada por el grano, tal como ocurre con los metales, sino que la ranura es desigual y ondulada en sus bordes.

El microscopio electrónico nos muestra en la fig.6, un tramo ampliado de la fig.5, ampliada unas 2800 veces después de eliminados los residuos del del rectificado. Imágenes semejantes a las mostradas en la fig.5 y 6 se obtendrían al rectificar materiales sintéticos. se puede ver con claridad que la

posición del grano no produce en este caso una viruta carga, sino glebas (terrones) y trozos de superficie quebrada.

Debido a la mala conductividad de calor de estos materiales, prácticamente no se funden cuando se le rectifica, sino que se destruyen y quebrantan y de esta manera es como se arrancan el material de la superficie.

Los abrasivos se caracterizan por su dureza y estructura punteaguda, los que les permite penetrar en la superficie de los materiales, forman surcos y arrancan parte del material de la superficie.

Todos los abrasivos son, por ejemplo, los conocidos como esmeril, corindón, carburo de silicio, etc, se obtienen en diversos tamaños o granulometrías (36, 40, 80, 120, 220, 320, etc.) y también varios tipos que podríamos denominar polvo abrasivo que llega a alcanzar tamaños de grano 1000 a 2000.

La clase o tipo de abrasivo (corindón, carburo de silico, etc.) y el tamaño del grano del mismo, así como la forma de la herramienta (bandas, muelas, pastas, etc.) a emplear dependera del trabajo que se realice y del esfuerzo que se exija a cada una de las puntas del grano. Cada problema de

rectificado requiere una experiencia que solo se consigue con la práctica y, aún así, a veces es preciso realizar algunas pruebas antes de acertar el resultado.

El rectificado de materiales como metales o materiales como plásticos, pinturas, vidrios, etc. con una u otra herramienta puede realizarse con abrasivos aplicados sobre una tela en forma de banda sin fin o encolada sobre discos de filtro, cuero o madera, o también con muelas formadas con granos abrasivos aglomerados y con abrasivos mezclados con pastas o cera, o emulsiones para impregnar tejidos, sisal, fibras, etc.

Básicamente puede decirse que en el proceso de rectificado, el tamaño inicial del grano debe ser escogido de modo que las huellas que deje sobre la superficie del material, no sólo sirve para arrancar el grueso requerido, si no que también permitan, bien directamente o por medio de posteriores mecanizados con tamaños menores de granos, obtener el grado de calidad superficial requerido.

Se tiene la errónea opinión de que el pulido es un rectificado fino. Con el microscopio electrónico, se ha demostrado que un pulido correcto no deja

ninguna huella sobre la pieza, se trata pues de una deformación plástica, que tiene lugar tanto sobre materiales metálicos, plásticos, vidrios y pinturas.

El proceso de pulido como es dicho que consiste en abrillantar una superficie metálica por medio de abrasivos finos (mecanicamente, químicamente, electrolíticamente o por electroerosión).

Este acabado superficial para ser un pulido propiamente dicho tiene que tener una rugosidad comprendida entre 0.1 a 0.4 micras (μ).

El proceso de pulido tiene por objetivo dar:

A. Un mejor Acabado . que permitan eliminar rugosidades y ondulaciones pronunciadas que dan como consecuencia juegos y holguras prematuras en ajustes móviles, que dan mala estanqueidad en montaje hermético y produzca vibraciones en máquinas.

Un mejor acabado y necesario como es el caso de las prótesis de acero inoxidable quirúrgico.

B. Dar una mejor presentación.- Tal es el caso de productos que van a ser expuestos a la venta en el mercado; tales como las vajillas de acero

inoxidable y aluminio, perfiles de aluminio, etc.

2.1.1 PULIDO MECANICO

El pulido mecánico es el que se realiza con máquinas y equipos mecánicos eléctricos, mecánicos accionados neumáticamente y controlados eléctricamente, ayudados por los diferentes tipos de abrasivos y utensillos.

Podemos mencionar en el caso del pulido completo del lavadero de acero inoxidable de uso doméstico, este después de pasar por tres pasos: dos de embutición y 1 de recorte. Luego de esmericar los bordes con un esmeril manual pasa a soldarse cuatro patitas por arco eléctrico, lo que deja una señal de soldadura la cuál será borrada en una máquina especial, que usa cepillo de tela abrasiva (tipo lijas montadas radialmente en un tubo para ser montadas en un eje).

Luego pasa a la máquina semiautomática para pulir la poza con ayuda un abrasivo en forma de pasta de color blanco compuesta de carbonato de calcio (cal de viena) y es el mismo que se emplea en la pulidora horizontal para el

acabado del escurridero o plataforma del lavadero.

Pero además de estas máquinas especiales, tenemos para el pulido mecánico: bandas sin fin, tornos de pulido, tornos con bombas de vacío para pulir vajillas, bombos, etc.

2.1.2 PULIDO QUIMICO

Es un proceso a base de baños compuestos por ácidos principalmente, soda caústica, etc. En cantidades determinadas, con un rango o temperatura específica contenidas en cubas de hierro o revestidas con grafito y las piezas se sumergen un tiempo prefijado.

En algunos de los métodos hay que remover o agitar las piezas, según veremos más adelante.

2.1.3 PULIDO ELECTROLITICO

Las soluciones ácidas concentradas producen corrosiones electrolíticas más brillantes que las obtenidas por el ataque ordinario de densidades de corriente elevadas. La pulimentación electrolítica implica el tratamiento de superficies metálicas en baños de ácido sulfúrico, fosfórico, crómico o cítrico (y en menos escala, con ácidos

fluorhídricos, perclóricos, y acético o combinaciones de ellos), con densidades de corriente elevadas. Los puntos altos, de la superficie que se trata de pulimentar, son con preferencia disueltos (actuando las piezas u objetos como ánodos), en condiciones que variará entre las de una corrosión uniforme (como la del decapado electrolítico) y las de una polarización anódica completa (como sucede al adoptar ánodos insolubles).

En los puntos bajos de dichas superficies se produce pasividad, pues los productos de la corrosión anódica forman películas viscosa y adherentes de muy escasa conductibilidad; pero en los puntos altos desaparecen dichas películas y permiten que prosiga allí la corrosión. De este modo las partes prominentes de la superficie rugosa van reduciéndose hasta quedar a nivel de los bajos, el resultado es en definitiva el de una regularización o continuidad de la superficie similar a la obtenida por pulimentación mecánica.

Las pulimentaciones electrolíticas se aplica a los aceros y hierro inoxidable, al níquel, al

aluminio, cobre y sus aleaciones, así como a las superficies plateadas electrolíticamente.

2.1.4 MECANIZADO POR ELECTROEROSION

se realiza por descarga de energía eléctrica en forma de chispa.

El acabado superficial varía con la intensidad de descarga.

Con la intensidad máxima, es decir "Desbastando", se viene a levantar a razón de 60 mm^3 de material por kva de potencia de máquina. Reduciendo la descarga, es decir "Afinado", el arranque se reduce a la décima parte pero se obtiene un acabado medio de 0.002 a 0.004 mm según se trabaje metal duro o acero.

Comparando este acabado con el producido con el rectificado, veremos que pese al aspecto aterciopelado de una superficie electroerosionada, indiscutiblemente una mejor calidad que por los abrasivos, como se observa en la figura siguiente:

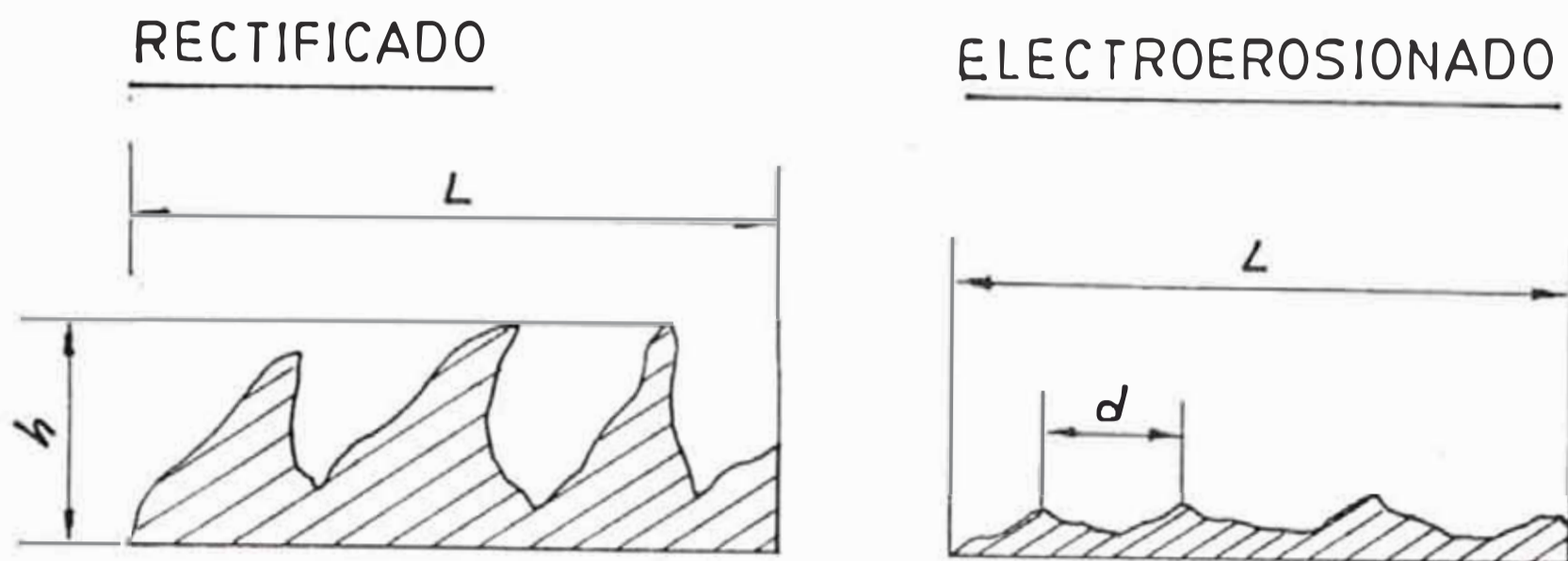


FIG.7

El acabado obtenido por electroerosión presenta un valor mínimo de h , guardando la relación $h = d/10$ ($d =$ diámetro de los crateres) no haciendo necesario en la mayoría de los casos el pulido posterior, siempre que la rugosidad no haya de ser inferior a una micra.

2.2.- IMPLEMENTOS PARA EL PULIDO

2.2.1.- IMPLEMENTOS PARA EL PULIDO MECANICO

- Escobillas circulares de fibra vegetal sisal (de la penca en el Perú) para ser montadas en un eje vertical u horizontal (fibra vegetal en: $150\phi_{\text{e}}$ x 120 x $50\phi_{\text{t}}$, $400\phi_{\text{e}}$ x 20 x $50\phi_{\text{t}}$).
- Escobillas de tela.
- Escobillas de plástico poliéster (180 x 50 x 20).
- Entre los abrasivos que emplea mencionamos: óxidos de aluminio, óxido de magnesio, rojo

de Inglaterra (especie de barra de jabón),
pastas de cal de viena (carbonato de
calcio), etc.

Tornos con bombas de vacío.

Para pulir la poza del lavadero de acero
inoxidable se emplea una pasta carbonato de
calcio (cal de viena) y escobillas circulares
montadas en un extremo de eje pulidor de la
máquina.

2.2.2.- IMPLEMENTOS PARA EL PULIDO QUIMICO

Para el caso de Aluminio Puro y sus
Aleaciones

A.- Método "Alupol 1"

		<u>Minimo</u>	<u>Máximo</u>
Sosa caustica	420 grs.	300 grs.	600 grs.
Nitrato de sosa	350 grs.	300 grs.	500 grs.
Nitrito de sosa	260 grs.	200 grs.	300 grs.
Nitrato de cobre	2 grs.	1 grs.	3 grs.
Fosfato de sosa	200 grs.	100 grs.	300 grs.

Temperatura.....120°C (tuberías de vapor)

Tiempo de exposición de 15 seg. a 2 min.

Cubas de hierro con aspiración.

Cuando no es suficiente este baño, el producto se pasa por un segundo baño, preparado como sigue:

Acido fosfórico	-----	50%
Acido acético	-----	6%
Acido nítrico	-----	6.5%
Acido sulfúrico	-----	25%
Temperatura	-----	70-90°C
Cubas de acero inoxidable.		

B.- "METODO ALUBRIL"

Se aplica con el baño siguiente:

Acido fosfórico (d=1.6)	-----	48% en vol.
Acido nítrico (d=1.39)	-----	31% en vol.
Acido sulfúrico (d=1.84)	-----	21% en vol.
Acetato de cobre	-----	1% en vol.

Temperatura = 110°C

Tiempo de exposición: hasta 1 min.

Cubas de acero inoxidable.

Este baño es de acción menos intensa que el método "Alupol 1".

C.- "METODO ERFTWERK" (Alemán)

Se aplica con el siguiente baño:

Fluoruro de amoniaco ácido		16%
Acido nítrico	-----	13%

Temperatura = 50-80°C

Tiempo de exposición: 5 a 35 seg.

Las piezas han de agitarse continuamente.
Las cubas deben ser revestidas de placas de grafito u otro material resistente al baño, y a la calefacción puede hacerse a base de resistencias de grafito.

**D.- PROCEDIMIENTO PROPUESTO POR LA
ALUMINIUM CO OF AMERICA**

Se basa en la siguiente composición:

Acido fosfórico ----- 73-83%

Acido nítrico ----- 2±5%

Agua ----- 15-23%

Temperatura = 70-100°C

Tiempo de exposición: de 15seg. a 5 min.

Despues del pulido químico, las piezas deben limpiarse con una solución, generalmente ácida, un ejemplo de la cuál es la siguiente:

Acido fosfórico (d=1.7) ----- 20cm³

Acido crómico ----- 20 gr.

Agua ----- 80 cm³

Temperatura ----- 100°C

Tiempo de exposición : 1 a 3 min.

Esta inmersión tiene por objeto destruir cualquier película de óxido formado durante el pulimento.

2.2.3 IMPLEMENTOS PARA EL PULIDO ELECTROQUIMICO

Los productos empleados en estas composiciones han de ser puros y en particular debe evitarse la presencia de sulfatos. Algunos de ellos, como el fluobórico, son de preparación difícil y peligrosa.

En la actualidad, los baños mas corrientes estan compuestos por mezclas de ácidos sulfúricos y fosfórico.

Un baño típico es el siguiente:

Acido sulfúrico ----- 70% en volumen

Acido fosfórico ----- 15% en volumen

Agua ----- 15% en volumen

Temperatura: 16-65 °C hasta 100°C.

Densidad de corriente: 8-55 A/dm²

Tensión: 3-15

Tiempo de exposición 5-10min.

Las cubas deben construirse preferentemente de acero inoxidable de especiales características y ademas equipadas, con elementos para la aspiración de los vapores

nocivos desprendidos durante el trabajo y con agitación de cátodos y baño.

PROCEDIMIENTO "BRYTAL"

Es un proceso de abrillantado electroquímico alcalino:

Carbonato de sosa anhidro -----15%

Fosfato trisodico anhidro ----- 5%

Temperatura: 70-90°C

Densidad de corriente: 3-4 A/dm²

Tiempo de exposición: 1-10 min.

Cubas de hierro

2.2.4 IMPLEMENTOS PARA LA ELECTROEROSION

Existen 2 tipos de máquinas para la electroerosión: máquinas de condensador y máquinas de impulsos rectangulares.

* Implementos para la máquina de condensador, Fig. 8

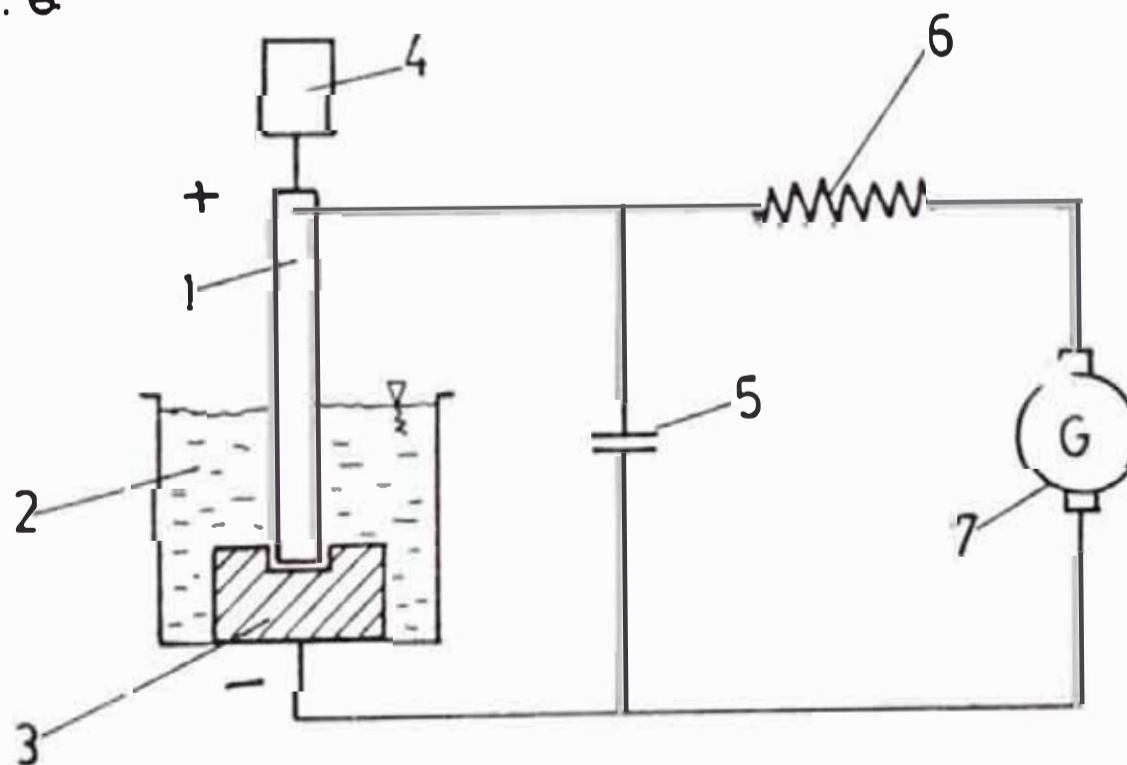


FIG. 8

- 1- Electrodo de latón
- 2- Líquido ionizante
- 3- Pieza a trabajar
- 4- Dispositivo para el avance automático del electrodo
- 5- Condensador
- 6- Resistencia
- 7- Generador de corriente continua

Un generador de corriente continua (7), alimenta un circuito que, por un lado comunica con el elemento de latón (1) y, por el otro, lado con la pieza que se deba taladrar(4). Pieza y electrodo se mantienen sumergidos en un líquido ionizante. El electrodo, que actúa de ánodo esta situado a una determinada distancia de la pieza, que actúa de cátodo.

La resistencia en serie (6) tiene el valor conveniente para que el tiempo del condensador sea el más adecuado. Con esta disposición, el circuito generador-resistencia-condensador-generador tiene gran impedancia mientras que el condensador-pieza-electrodo, tiene baja impedancia.

* Implementos para la máquina de impulsos rectangulares, Fig.9

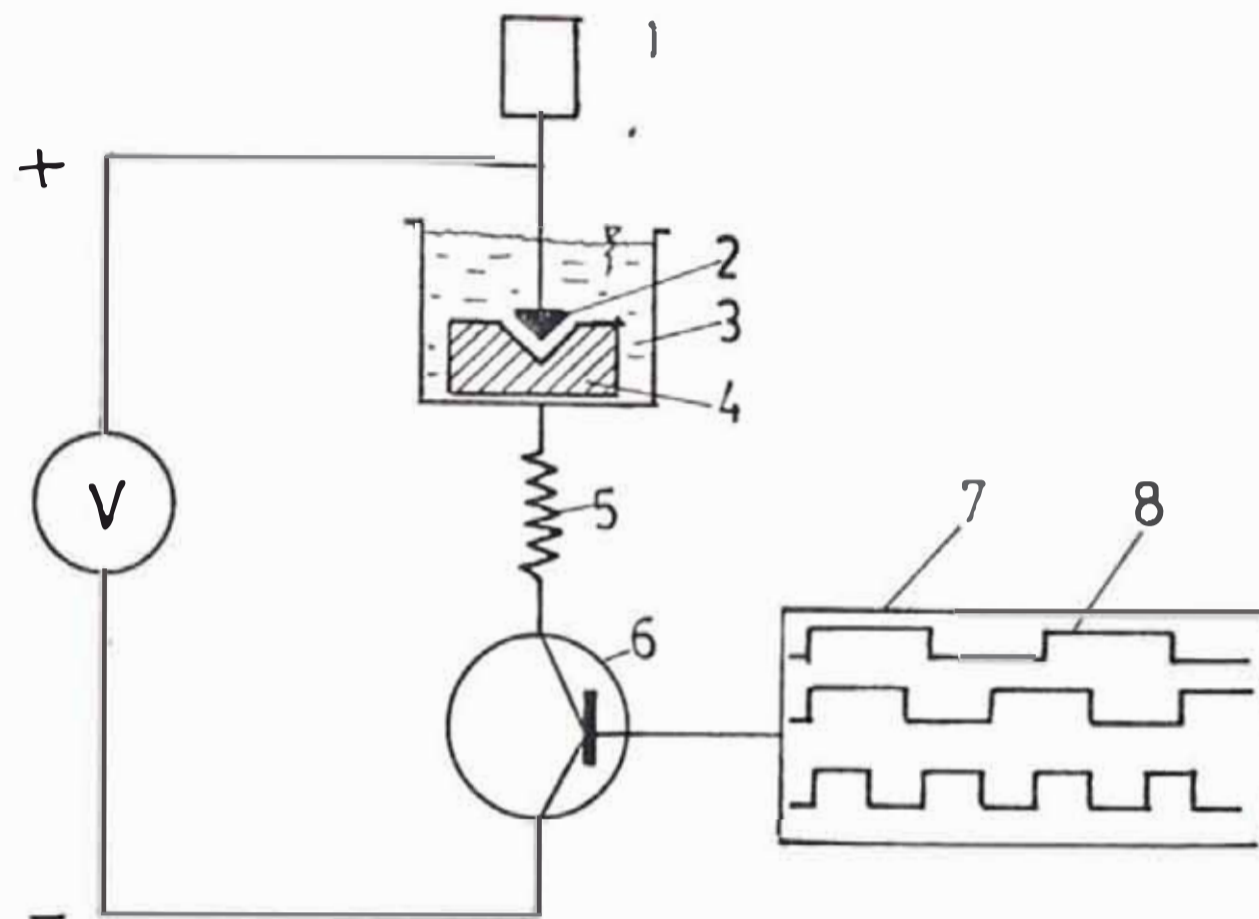


FIG.9

- 1- Servomecanismo para el avance automático de electrodo
- 2- Electrodo
- 3- Líquido ionizante
- 4- Pieza a trabajar
- 5- Resistencia que regula la duración de la descarga
- 6- Transistor
- 7- Multivibrador, generador de impulsos rectangulares
- 8- Impulsos y señales rectangulares emitidas por el multivibrador.

En las máquinas modernas, los generadores de tensiones pueden alcanzar frecuencias de hasta 200 Khz.

Las señales de baja frecuencia, de 1 a 50 khz, se emplean en el trabajo de desbastado.

Las señales de alta frecuencia, de 50 a 200khz, se emplean en trabajos de afinado.

Datos técnicos de máquinas electroerosionadoras modernas.

En la siguiente tabla se recopila, a título orientativo, los datos técnicos de la máquina más potente construida en Suiza.

- . Peso máximo de la pieza trabajada ----- 2000 kg.
- . Carrera del cabezal operador ----- 360 mm.
- . Velocidad de rotación del electrodo ----- hasta 250RPM.
- . Material removido, máximo garantizado:
 Con electrodo de cobre acero templado: 3 cm³/min.
 Con electrodo de grafito sobre acero templado: 8 cm³/min.
- . Desgaste de electrodo, respecto al volumen arrancado:
 Electrodo de cobre ----- < 10%
 Electrodo de grafito ----- < 1%
- . Rugosidad máxima sobre acero templado R_a ≈ 1μ.
- . Potencia absorbida ----- 12 a 30 kw.

2.3 NORMAS Y ESTANDARES DE ACABADO SUPERFICIAL

Para el pulido y los demás tipos de acabado superficial se usa la recomendación ISO (Organización

Internacional de Normalización) que es la que se esta tratando de implementar a nivel mundial ya que antiguamente la mayoria de paises trabajaban con sus propias normas y estandares (aunque algunas todavia se mantienen). Como se observa en la siguiente tabla:

ISO	RECOMENDACION ISO/R468 (1966)
ESPAÑA	UNE 1037 (1951) INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACION CETA 00140 (1968) CENTRO DE ESTUDIOS TECNICOS DE AUTOMOCION
R. D. ALEMANA	TCL 0-472 (1963)
R. F. ALEMANA	DIN 4760 DIN 4761 DIN 4762 DIN 4763 DIN 4764 DIN 4766 DIN 3141 DIN 3142 DIN 7182 DIN 7183
ARGENTINA	IRAM 5065 (1964)
AUSTRIA	ONORM 5065 (1964)
CANADA	CSA B96 (1964)
CHECOSLOVAQUIA	CSN 074450 (1960)
DINAMARCA	DS 940 (1963)
E.E. U.U.	ASA B46-1 (1962) REAFIRMADA EN 1971
FRANCIA	NF E 05 - 015 (1972) NF E 05 - 016 (1972) NF E 05 - 017 (1972) NF E 05 - 018 (1972)

HOLANDA	NE N 630 (1967)
INGLATERRA	BS 1134 (1972) EN UNIDADES METRICAS BS 2634 P1 (1970) EN UNIDADES METRICAS BS 2634 P2 (1964) BS 2634 P3 (1967) BS 308 (EN REPROGRAMACION)
ITALIA	UNI 3963 (1968)
JAPON	JIS 98601 (1955)
POLONIA	PN 58/M - 04250
RUMANIA	STAS 5730 - 66
RUSIA	GOST 2789 - 59
SUECIA	SMS 671 (1964)
SUIZA	VSM 58300 (1960)

VALORES NORMALIZADOS DE LA RUGOSIDAD

Los standares normalizados del pulido esta hecho en base a los valores de la rugosidad (μ). Para el pulido los estandares estan en el rango de 0.1 a 0.4 μ . (micras).

En la siguiente tabla 5 se muestra los diferentes valores de la rugosidad tanto en micras (μ), como en micropulgadas (μ_{10}):

VALOR DE LA RUGOSIDAD R_a		CLASE DE RUGOSIDAD
μm	μin	
50	2000	N12
25	1000	N11
12.5	500	N10
6.3	250	N9
3.2	125	N8
1.6	63	N7
0.8	32	N6
0.4	16	N5
0.2	8	N4
0.1	4	N3
0.05	2	N2
0.025	1	N1

TABLA 5 VALORES NORMALIZADOS DE LA RUGOSIDAD

Estos valores de rugosidad se obtiene según la máquina utilizada para el mecanizado del producto, las cuales mostramos a continuación en la siguiente tabla.

III.- EQUIPOS PARA EL PULIDO

3.1. CLASES DE EQUIPOS PARA EL PULIDO

3.1.1.- Equipos para el pulido mecánico

Máquinas pulidoras semiautomáticas que usan escobillas en forma de disco y cilindros; vegetal y poliéster (de eje vertical oscilante, de eje horizontal), para pulir lavaderos de acero inoxidable.

Máquinas pulidoras semiautomáticas que usan escobillas (en forma de disco) de tela (tocuyo o bramante), para el pulido de bajillas, de acero inoxidable y aluminio.

Torno de pulido con bombas de vacío.

Bombos de pulido (semejante a los molinos de minería pero menos compactos).

Bandas sin fin.

3.1.2.- EQUIPOS PARA EL PULIDO QUIMICO

Según los métodos de pulido químico se usan cubas de hierro o acero inoxidable.

Calentamiento por resistencias eléctricas o línea de vapor (caldero).

Termómetros.

Reloj (para controlar el tiempo de exposición).

3.1.3.- EQUIPOS PARA EL PULIDO ELECTROLITICO

Cubas de acero inoxidable o hierro segun el método

Aplicaciones las cubas de una densidad de corriente

Termómetros

Reloj.

3.1.4.- EQUIPOS PARA EL PULIDO POR ELECTROEROSION

Una máquina electrerosionadora que puede ser:

- . Máquina electroerosionadora de condensador
- . Máquina electroerosionadora de impulsos rectangulares.

3.2 . FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PARA EL PULIDO

3.2.1.- FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PULIDO MECANICO

A. Máquina semiautomática para el proceso de pulido de pozas de lavadero de acero inoxidable, de uso domestico.

Hay que remarcar que cada ciclo de operación es totalmente automático.

Los siguientes tres ciclos básicos hacen operar a las máquinas de manera diferente:

* Pulidora de fondo con eje vertical (escobilla tipo disco 180x50x20 plástica y con inclinación de 7° del eje pulidor) o cabeza angular (con escobilla cilíndrica 150 ϕ x120Long.x50 de sisal) con o sin paradas en las cuatro esquinas.

* Pulidora de fondo y paredes laterales con eje vertical (con escobilla de sisal 150 ϕ x120Long.x50) combinado, con o sin paradas en las cuatro esquinas.

* Pulidora solo para paredes laterales con o sin parada en las cuatro esquinas.

La ejecución de pulido de pared lateral puede ser hecha en un solo paso o dos pasos, esto depende de la altura de la escobilla cilíndrica.

Para un buen funcionamiento la estación del eje pulidor y la mesa rotatoria deben estar instaladas de tal manera que los ejes, tanto del eje de pulido

como el eje de la mesa rotatoria deben coincidir.

PUESTA EN MARCHA DE MAQUINA

Antes que la máquina sea llevada a operación sera necesario ajustar el seguro de transportación que cierra el plato posterior del brazo. La presión de aire que entra en las valvulas reguladoras de presión 23 y 24 deben ser ajustadas de tal manera que la cabeza se mueva hacia la posición de comienzo. Esto significa que el cilindro neumático de posición 8 esta completamente fuera y el cilindro neumático de posición 5 completamente adentro.

a.- AJUSTE DE LA MAQUINA PARA PULIDO DE FONDO CON EJE VERTICAL

Para pulido de fondo todas las mangueras tienen que ser conectados al cilindro correspondiente, como se muestra en el diagrama del circuito neumático.

Las mangueras con acoplamiento de acción rápida tiene que dirigirse de

la válvula 5/2 (Nº25) al cilindro neumático Nº5. Esta conexión no es necesaria si el eje pulidor tiene que operar solo como unidad de pulido de fondo con eje vertical.

La presión del aire para el movimiento oscilatorio y la presión de contacto, con la cual el disco pulidor se apoya en la pared lateral de la poza del lavadero, debe ser ajustada con la válvula reductora de presión (artículo 24).

la válvula reductora de presión Nº23 regula la presión de contacto aplicada hacia el fondo de la superficie de la poza del lavadero.

El óptimo ajuste de estas presiones depende de la condición de la superficie, de los discos pulidores y el abrasivo usado en el proceso.

La estación de cabezal sumergible debe estar inclinado un ángulo aproximado de 7º con el plato de control Nº3 (vease fig en acapite 3.3 componentes de los equipos de pulido).

Esto es esencial para asegurar que la escobilla de pulido actua con su diámetro exterior y la presión de pulido se incrementaa hacia el diámetro exterior y el mango de la escobilla no toque el fondo de la poza del lavadero.

Ahora la cabeza pulidora es fuertemente ajustada sin correr la escobilla. Presionando el boton negro en la válvula magnetica 5/2 N°26. La cabeza se mueve hacia abajo y el eje pulido con la escobilla toca el fondo de la poza.

El deslizamiento vertical de brazo y eje pulidor se realiza con un tornillo de rosca cuadrada (artículo N°4), tiene ahora que ser ajustado de tal manera que el cilindro neumático N°9, pueda actuar como un cilindro de control de presión dirigido hacia el fondo. esto es posible si uno deja suficiente espacio en la longitud de la carrera de este cilindro N°9, de control de presión.

Una importante indicación es también que el vástago del cilindro neumático Nº8, donde está conectado hacia el ala (artículo 7), tiene un juego de aproximadamente 17 mm. en su longitud de carrera.

Se ajusta el movimiento de carrera de oscilación de la cabeza de pulido cuando la escobilla está dentro de la poza. Un primer ajuste tiene que ser hecho empujando el botón negro en la válvula magnética 5/2 (artículo 25).

Las válvulas reguladoras de caudal artículos 27 y 30 son usadas para ajustar la velocidad en la carrera de oscilación, así como la salida y entrada del vástago de los cilindros Nº5 y Nº8.

Se recomienda no abrir demasiado las válvulas reguladoras de velocidad, debido a que puede producirse alto desgaste en sus movimientos.

El resorte de tensión (Nº13), permite un ajuste del movimiento de pivote del eje de trabajo cuando toca la pared lateral.

Se debe tener cuidado en el ajuste interruptor límite NQ14, para operar el movimiento de reversa de la carrera horizontal de oscilación del fondo, regulando el tornillo con una leva para tocar el interruptor límite.

Cuando se usa el arranque automático el eje pulido entra en la poza y la oscilación empieza despues de 2 o 3 carreras de la cabeza de pulido, el eje de pulido empieza su rotación.

b.- AJUSTE DE LA MAQUINA PARA PULIDO DE FONDO CON CABEZA ANGULAR

El ajuste general es similar a la unidad que usa eje vertical.

La cabeza angular tiene que ser colocado a la máquina tal que el movimiento de oscilación horizontal, esta en la dirección del eje horizontal.

Observar cuidadosamente que el interruptor límite NQ14 al frente de la carrera horizontal cuando toca la pared lateral, tiene que ser ajustado

tan exacto como sea posible, garantizando un avance de reversa de la escobilla.

La cabeza del eje tiene que ser ajustada generalmente lo mas verticalmente recto con la cabeza angular (aca no se necesita la inclinación de 7°).

c.- AJUSTE DE LA MAQUINA PARA PULIDO DE PARED VERTICAL O LATERAL

El interruptor selector N°18, debe ser puesto en la posición 2.

Cambiamos nuestro sistema neumático. Desconectamos la alimentación al cilindro neumático de oscilación N°5. La manguera puede ser dejada suelta. Desconectamos la manguera del cilindro neumático de compensación de peso o amortiguación N°9 y se conecta a la manguera libre del cilindro de oscilación N°5.

El eje de pulido N°11 tiene un hueco con la escobilla para pulido de pared lateral.

La presión de contacto con la cuál la escobilla se apoya en la pared lateral, debe ser ajustada con la válvula reductora de presión Nº23.

El ajuste óptimo de la presión de contacto depende de la condición de la superficie metálica lateral del lavadero, de los discos o escobillas de pulido, y del tipo de abrasivo usados en el proceso de pulido.

La cabeza de la estación sumergible debe estar inclinado con el plato Nº3 (ver figura en el acapite 3.3), tal que la escobilla de pulido se apoye sobre la total longitud de la pared lateral

estación sumergible es aproximadamente ajustada a la posición correcta sin operar la escobilla de pulido, presionando el boton negro del interruptor de pie (mesa giratoria) la cabeza de la estación sumergible y el eje de pulido se sumergira dentro de la poza.

La profundidad sumergible debe ser ajustado con el deslizamiento transversal N°4.

La velocidad de operación de los cilindros neumáticos 5 y 8 se regulan con las válvulas reguladoras de caudal (o de velocidad) N°27 y N°30, el abrir las válvulas incrementa la velocidad y viceversa.

La mesa sujetadora empieza a girar después que la escobilla se haya apoyado en la pared vertical.

B. PULIDORA DE LA PLATAFORMA DE LOS LAVADEROS

Los lavaderos son sujetados en una especie rieles por los que son arrastrados a través de una cadena. En un promedio de veinte escobillas de fibra vegetal (400x20x50) son montadas en un eje horizontal, con las cuales van a pulir la plataforma del lavadero, con su respectiva pasta abrasiva.

El accionamiento de esta pulidora es mecánica a través de un motor eléctrico de 6 kw, 1740 RPM.

C. PULIDORA DE VAJILLAS SEMIAUTOMATICAS (ollas, teteras, etc)

Esta pulidora consta de brazos con escobillas de tela con sus respectivos motores eléctricos. Las vajillas son colocadas en un brazo que contiene un molde donde cabe justo ésta, y acercada a la escobilla por medio de un sistema neumático.

Se utiliza en esta operación de pulido unas barras de abrasivo (semejante a la barra de jabón) de color marrón claro y también talco.

D. TORNOS DE PULIDO

Se utiliza para pulir vajillas y su funcionamiento es con aire comprimido, el pulido se hace a mano con barras de abrasivo (semejante a barras de jabón) y talco.

Por la succión que origina la bomba de vacío, lo sujeta contra la base de un eje que gira y el operario manualmente con un trapo y el talco realiza la pulimentación.

E. PULIDORA DE BANDA ABRASIVA

Se realiza con bandas sin fin (semejante a una faja plana) que gira entre dos poleas de ejes paralelos. El producto a pulir se apoya sobre la cara exterior de la banda que va impregnada con el abrasivo. En general estas máquinas se utiliza para pulido de superficies planas.

Este tipo de pulidoras se puede hacer funcionar o se tiene tanto vertical como horizontal.

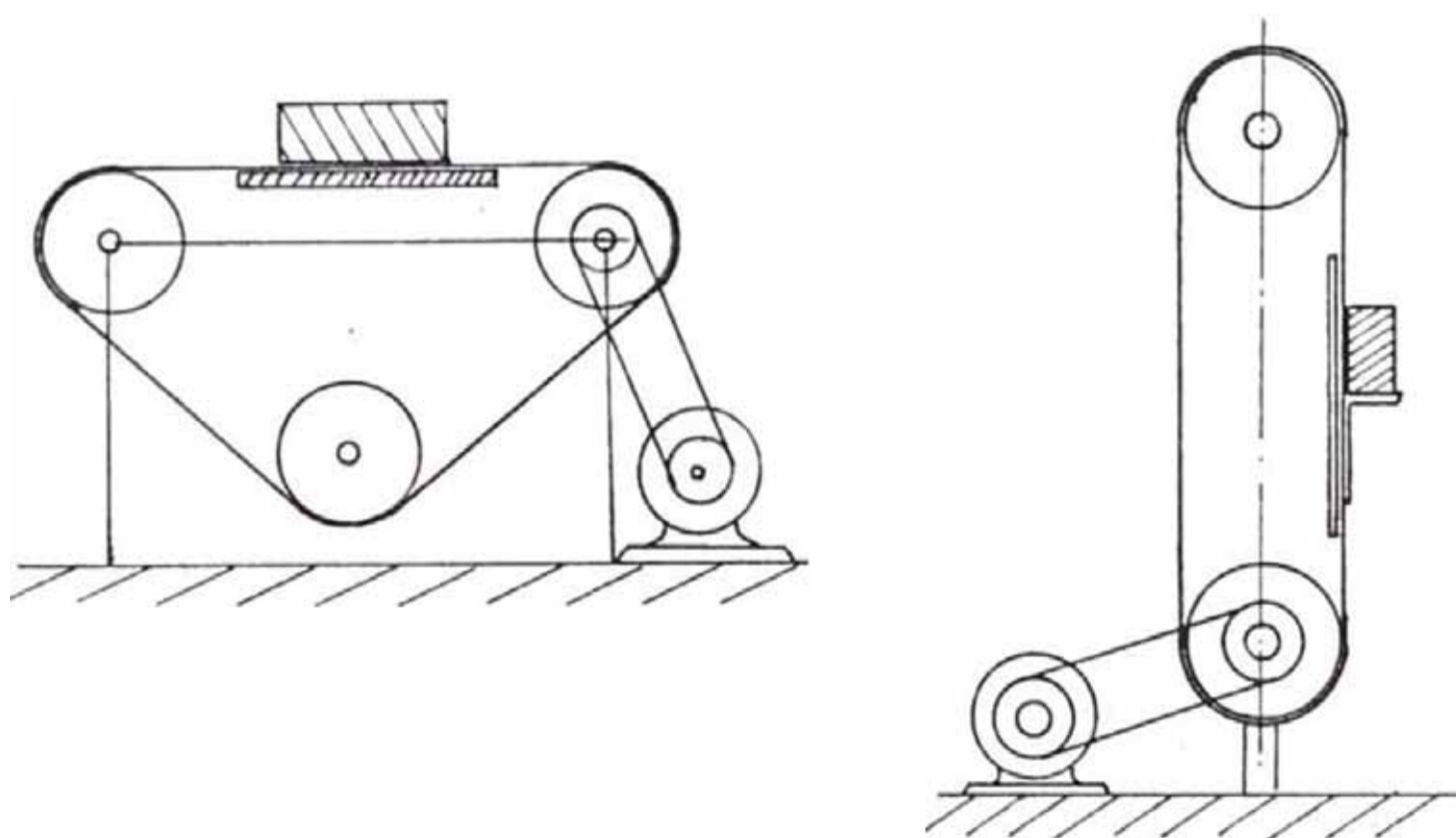


FIG.10

F. BOMBOS DE PULIDO

El pulido con bombos es un método de acabado superficial dentro del cuál se colocan las piezas a trabajar junto con

los abrasivos, o con compuestos químicos o con billas de acero.

Los compuestos químicos se usan para algún tipo de tratamiento o protección de dichas piezas.

Transmitiéndole un movimiento rotativo al bombo, se consigue que el abrasivo y el compuesto químico ataquen las superficies de las piezas, lográndose el acabado requerido.

La principal característica de los trabajos en bombos es la extraordinaria uniformidad que se consigue a una serie de piezas, trabajándoles simultáneamente. Otro factor importante es el elevado rendimiento hombre/hora que se consigue, ya que el proceso lo efectúa totalmente la máquina, interviniendo el operario solo para operaciones de carga y descarga.

La posibilidad de introducir cambios en las cargas abrasivas y en los compuestos hace que los bombos puedan efectuarse todo tipo de trabajos, como por ejemplo redondeo de aristas, desbaste, pulido, descascarillado,

eliminación de tensiones producidas por tratamientos térmicos, limpieza, desoxidado, bruñido, mejora de presentación de productos, etc.

El principio básico de trabajo con el bombo consiste en mantener en movimiento las piezas y materiales abrasivos. La acción abrasiva es producida por el deslizamiento de la parte superior de la carga con las piezas, deslizamiento que tiene lugar cuando se produce la rotación o movimiento vibratorio del bombo. Mas del 90% de la acción abrasiva tiene lugar directamente bajo la carga superior.

3.2.2.- FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PULIDO QUIMICO.

Los productos son cojidos o enganchados en una canastilla y manualmente o con tecla son introducidos en las cubas el tiempo indicado para cada método y con la temperatura recomendada para cada compuesto. Luego son enjuagados con agua.

3.2.3. FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE PULIDO ELECTROQUIMICO

Como se dijo anteriormente la pulimentación electroquímica aplica a los aceros y hierros inoxidables al níquel, al aluminio, cobre y sus aleaciones, así como a las superficies plateadas electrolíticamente. En la práctica se opera con un rango de densidades de corriente de 10 a 55 A/dm² (en caso de hilos metálicos 600 a 650 A/dm²) con tensiones de 3 a 15 voltios y temperaturas de 16 hasta 65°C a veces hasta 100°C.

La duración del proceso dependerá de la densidad de corriente y de la temperatura. Por ejemplo, aproximadamente en 10 minutos y con 32 A/dm² se disuelve un espesor de 0.025mm de metal.

Los cátodos se emplean solo para completar el circuito y, por lo tanto, se hacen en materiales resistentes al baño.

3.2.4. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE ELECTROEROSION

A. FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE CONDENSADOR.

El generador crea una diferencia de potencia entre el ánodo y cátodo y entre armaduras del condensador.

- Cuando la diferencia de potencial entre electrodo y pieza alcanza un determinado valor, suficiente para perforar el líquido dieléctrico interpuesto, salta una chispa entre ambos; el condensador se descarga bruscamente y la chispa, de gran densidad de corriente, arranca una porción de material.
- El generador carga nuevamente el condensador en un tiempo que depende del valor de la resistencia en serie, y cuando la tensión entre sus armaduras es tal, que puede perforar el líquido dieléctrico, salta una nueva chispa que arranca otra porción de material. De esta forma, al sucederse las descargas, va avanzando

la erosión de la pieza, hasta taladrarla en forma que determina el electrodo herramienta.

- . Para mantener constante la distancia entre pieza y electrodo existe un dispositivo para que este avance automáticamente a medida que se va eliminando material.

Fuesto que la descarga del condensador es oscilante, la corriente que circula por el circuito varía de sentido y, por lo tanto, el electrodo también sufre erosión, aunque en menor cuantía que la pieza.

Los siguientes datos corresponden a las modernas máquinas de electroerosión, de fabricación japonesa (1973).

Tensión de descarga50 a 500v.
 Frecuencias de las descargas.....10'000,000/seg.
 Material duro arrancado.....50 a 60 gr/min.
 Rugosidad de la superficie obtenida:Ra=0.5-1.5 μ .
 Precisión de medidas.....5 μ .

- . En las máquinas de electroerosión que utilizan el condensador para producir

las descargas, el consumo del electrodo es del orden de 10% del de la pieza trabajada; este consumo si bien no es excesivo, obliga a sustituir con frecuencia el electrodo, sobre todo si hay que mantener tolerancias estrechas en las dimensiones de la pieza elaborada.

- . Cuando la descarga va del electrodo a la pieza, se erosiona ésta y viceversa.

B. FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE IMPULSOS RECTANGULARES

Sustituyendo el interruptor por un transistor gobernado por un generador de impulsos rectangulares y que contienen un multivibrador se llega a una máquina de electroerosión.

- . El multivibrador es un generador especial, que transforma una tensión continua, en otra rectangular de frecuencia dada.
- . Este generador consta de un circuito oscilante comprendiendo transistores,

resistencias y capacidades; dada la presencia de los transistores, que permite el paso de corrientes solo en una dirección, los multivibradores emiten impulsos de forma rectangular, sin inversión de signo, denominadas corrientemente señales.

- . Estas señales convenientemente amplificadas en el propio aparato, se aplican al transistor del circuito de descarga.

En estas condiciones, este último transistor funciona como un verdadero interruptor ultrarrápido sin dar lugar a descargas oscilantes.

- . El transistor cierra el circuito y aplica la tensión continua "v" solo cuando recibe del multivibrador un impulso que haga la base positiva. En el circuito de descarga la corriente podrá pasar, pues en un solo sentido.

Si aplicamos a la base de transistor una señal rectangular, la tensión continua se conectará y desconectará

con igual frecuencia que la de la señal, y puesto que la polaridad no varía, las descargas serán siempre desde el electrodo a la pieza, y de frecuencia igual a la de la señal rectangular del multivibrador.

3.3 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE PULIDO:

3.3.1 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE PULIDO MECANICO:

A.- COMPONENTES DE LA MAQUINA SEMIAUTOMATICA PARA PROCESO DE PULIDO DE POZAS DE LAVADERO DE ACERO INOXIDABLE DE ACERO INOXIDABLE DE USO DOMESTICO.

Ver Fig. Nº11

Artículo 1 Estructura de la máquina.

Artículo 2 Cabina de controles eléctricos.

Artículo 3 Plato Swivel.

Artículo 4 Encaje transversal.

Artículo 5 Cilindro neumático para el movimiento horizontal del eje pulidor ya sumergido en la poza.

Artículo 6 Interruptor o conmutador limitador.

Artículo 7 Brazo Swivel.

Artículo 8 Cilindro neumático para el movimiento vertical del eje pulidor.

Artículo 9 Cilindro de control de presión hacia el fondo.

Artículo 10 Motor 3.6 Kw, 1500 a 3000 RPM

Artículo 11 Guarda del eje pulidor con grasería

Artículo 12 Porta escobilla tipo campana.

Artículo 13 Resorte de tensión.

Artículo 14 Interruptor limitado.

Artículo 15 Empalme del eje del pulimento.

Artículo 16 Interruptor principal.

Artículo 17 Interruptor de cambio de polo

Artículo 18 Interruptor de operación de pulimento del fondo o paredes laterales.

Artículo 19 Interruptor "on" - encendido.

Artículo 20 Interruptor "off" - apagado.

Artículo 21 Interruptor de parada de emergencia

Artículo Unidad de mantenimiento neumático con filtro separador de agua y lubricador.

Artículo Válvula reguladora de presión con manómetro.

Artículo 24 Válvula reguladora de presión con manómetro.

Artículo 25 Válvula 5/2 vías

Artículo 26 Válvula 5/2 vías

Artículo 27 Válvula reguladora de velocidad.

Artículo 28 Válvula reguladora de velocidad.

Artículo 29 Válvula reguladora de velocidad.

Artículo 30 Válvula reguladora de velocidad.

Artículo 31 Mesa rotativa sujetadora del lavadero.

Artículo 32 Manguito que hace funcionar la escobilla.

Artículo 33 Interruptor selector.

Artículo 34 Interruptor limitador.

B. COMPONENTE DE LA MAQUINA SEMIAUTOMATICA PARA PULIR LA PLATAFORMA O ESCURRIDERO DEL LAVADERO. (Con escobilla con eje horizontal)

Estructura tipo mesa fija con guías para que se desplace el sujetador del lavadero de aproximadamente 4 m.

Columna y brazo soporte de la escobilla con eje horizontal con accionamiento neumático.

Eje porta-cepillo de sisal. Accionado por motor eléctrico de 6 Kw.

Transmisión por cadena de la mesa sujetadora.

C. COMPONENTE DE LA PULIDORA DE VAJILLAS

Un soporte con dos brazos con escobillas de telas pulidoras con sus respectivos motores eléctricos.

A cada lado de la respectiva escobillas existe un mecanismo de acercamiento y

alejamiento de la vajilla de accionamiento neumático.

D. COMPONENTE DE LOS TORNOS DE PULIDO

D.1 De accionamiento por motor eléctrico y bomba de vacío

Molar en un extremo del eje, de acuerdo al tipo de vajilla agujereado (tipo colador) para que actúe la succión de la bomba de vacío sobre la vajilla.

Eje hueco montado sobre dos apoyos, con freno de zapata y de accionamiento neumático (1 cilindro de doble efecto); en otro extremo del eje va a la polea de transmisión del motor por medio de fajas.

Bomba de vacío (de 0 a -1 bar)

Conexión de la bomba de vacío al eje por manguera.

D.2 De accionamiento por motor eléctrico

Consta de un eje, del cual en un extremo recibe la transmisión del motor y en el otro extremo existe un mecanismo para sujetar la vajilla.

Al momento de girar la vajilla se lija manualmente.

E. COMPONENTES DE LAS BANDAS ABRASIVAS PARA PULIDO

Motor eléctrico

- Fajas para la transmisión

Fleas

Mesa plana para apoyar la pieza al momento de pulir.

F. COMPONENTES DE LOS BOMBOS DE PULIDO

Cilindro donde van las piezas a pulir

Motor eléctrico

Algunas veces se usan billas conjuntamente con el abrasivo

3.3.2 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE PULIDO QUIMICO

- Cuba de acero inoxidable (en algunos casos de hierro)

Resistencias eléctricas o línea de vapor

- Termómetro

Reloj

3.3.3 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS DE PULIDO

ELECTROQUIMICO

- Cubas de hierro o acero inoxidable

Aplicación de una densidad de corriente

Termómetros

Reloj

3.3.4 COMPONENTES DE LOS EQUIPOS PARA PULIDO POR ELECTROEROSION

A. DE LA MAQUINA DE CONDENSADOR

Dispositivo de avance automático del electrodo

Condensador

- Generador

Cuba de acero inoxidable

B. DE LA MAQUINA DE IMPULSOS RECTANGULARES

Servomecanismo para el avance automático del electrodo

- Transistor

- Multivibrador; generador de impulsos rectangulares

3.4 SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS DE PULIDO

3.4.1 SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS DE PULIDO MECANICO

A. De la máquina semiautomática para proceso de pulido de pozas de lavadero de acero inoxidable de uso doméstico. Ver fig. de los componente de los equipos.

Se controla neumáticamente y con mandos eléctricos. Ver esquema neumático.

B. De la máquina semiautomática para proceso de pulido del escurridero o plataforma del lavadero.

Se Controla neumáticamente y con mandos eléctricos

C. De los tornos de pulido

c.1. Del torno que contiene bombas de vacío.

Se controla con freno de banda con accionamiento neumático, y eléctricamente

c.2. Del Torno Mecánico-Eléctrico

Se controla con freno de banda con accionamiento neumático y eléctricamente

D. De Los Bombos De Pulido

Se Controla con reloj (un tiempo prefijado) y eléctricamente el motor que lo hace girar

E. DE LAS BANDAS DE PULIDO

Se controlan con botoes para "apagado" o "encendido"

3.4.2 SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS DE PULIDO QUIMICO

Se controla la temperatura con termómetro

Se controla el tiempo de exposición con un reloj

3.4.3 SISTEMAS DE CONTROL DE LOS EQUIPOS DE PULIDO ELECTROQUIMICO

- Con termómetro.

- Con reloj.

Con amperímetros y voltímetros.

3.4.4 SISTEMAS DE CONTROL DE LAS MAQUINAS ELECTROEROSIONADORAS

Los dos tipos de máquinas se controlan apagando o encendiendo el generador.

IV PARAMETROS DE DISEÑO

4.1 VELOCIDAD DE OPERACION

Habrá que distinguir tres diferentes velocidades con las cuales opera la máquina.

Una velocidad es la velocidad de rotación del motor (RPM) que es una misma a la que girará las escobillas en sus diferentes formas.

Esta velocidad dependerá del tipo de material del producto del tamaño y forma de la escobilla y del abrasivo usado para el pulimento según pruebas realizadas por fabricantes la velocidad de los ejes deben estar entre 1500 a 3000 RPM. Es decir podemos operar con cualquier velocidad intermedia ya que en nuestro mercado tenemos de este valores

La otra velocidad, es la oscilación del brazo conjuntamente con el motor y la escobilla.

Esta velocidad es transmitida por medio de un cilindro neumático de doble efecto, controlada por: una válvula 5/2. de impulsos de accionamiento electromagnético; dos válvulas reguladoras de caudal tanto en la entrada como en la salida de

aire, con los cuales se regula la velocidad de desplazamiento y la de retroceso de la escobilla .

La tercera velocidad es la de la mesa sujetadora la cual girará dentro de un rango de 3 a 10 RPM.

4.2 PRESION DE OPERACION

En neumática se trabaja hasta un máximo de 25 Bar. por razones de explosión y económicas.

Fero normalmente se trabaja con presiones debajo de las 10 Bar.

Todos los cilindros neumáticos trabajarán debajo de los 6 bar. en la línea, ya que aun después existen válvulas reguladoras de presión con las cuales podemos bajar la presión a diferentes valores según el trabajo que realice cada cilindro neumático.

Por ejemplo el cilindro neumático N^o8 sirve tanto para subir o bajar el eje pulidor y además para ejercer una cierta presión en la superficie del fondo y superficie lateral del lavadero, y que los fabricantes recomienda entre 1 a 2 bar. Fero su presión total es de 4 bar.

La presión en el cilindro neumático N^o9 sirve para controlar la presión que ejerce el cilindro N^o8 contra el piso de la poza del lavadero (controla de 1 a 2 Bar.).

La presión del cilindro neumático N05 está determinado por el peso de la estructura a mover más las fuerzas de rozamiento en el fondo. (Esta presión es aprox. 4 bar.)

La presión contra la superficie (fondo o lateral) depende de la condición de la superficie metálica, del material de los discos pulidores y del abrasivo usado en este proceso.

4.3 POTENCIA REQUERIDA

La potencia requerida en el motor. Está determinada por el trabajo de rozamiento de la escobilla tipo disco de $180 \times 50 \times 20$ con la presión ejercida sobre el fondo de la poza del lavadero ó con la presión de la escobilla de 120 de long. $\times 150 \varnothing_{ext.} \times 50 \varnothing_{in.}$ sobre las paredes laterales.

La presión recomendada que se ejerce contra la superficie del fondo o contra la superficie de la pared lateral del lavadero está entre 1 a 2 Bar.

Haremos cálculo de la potencia para los dos tipos de escobillas.

A. Potencia requerida con la escobilla $180 \varnothing_{ext.} \times 50 \varnothing_{int.} \times 20$ espesor. Que al operar tiene una inclinación de 7° (ver configuración)

Fig. 12.

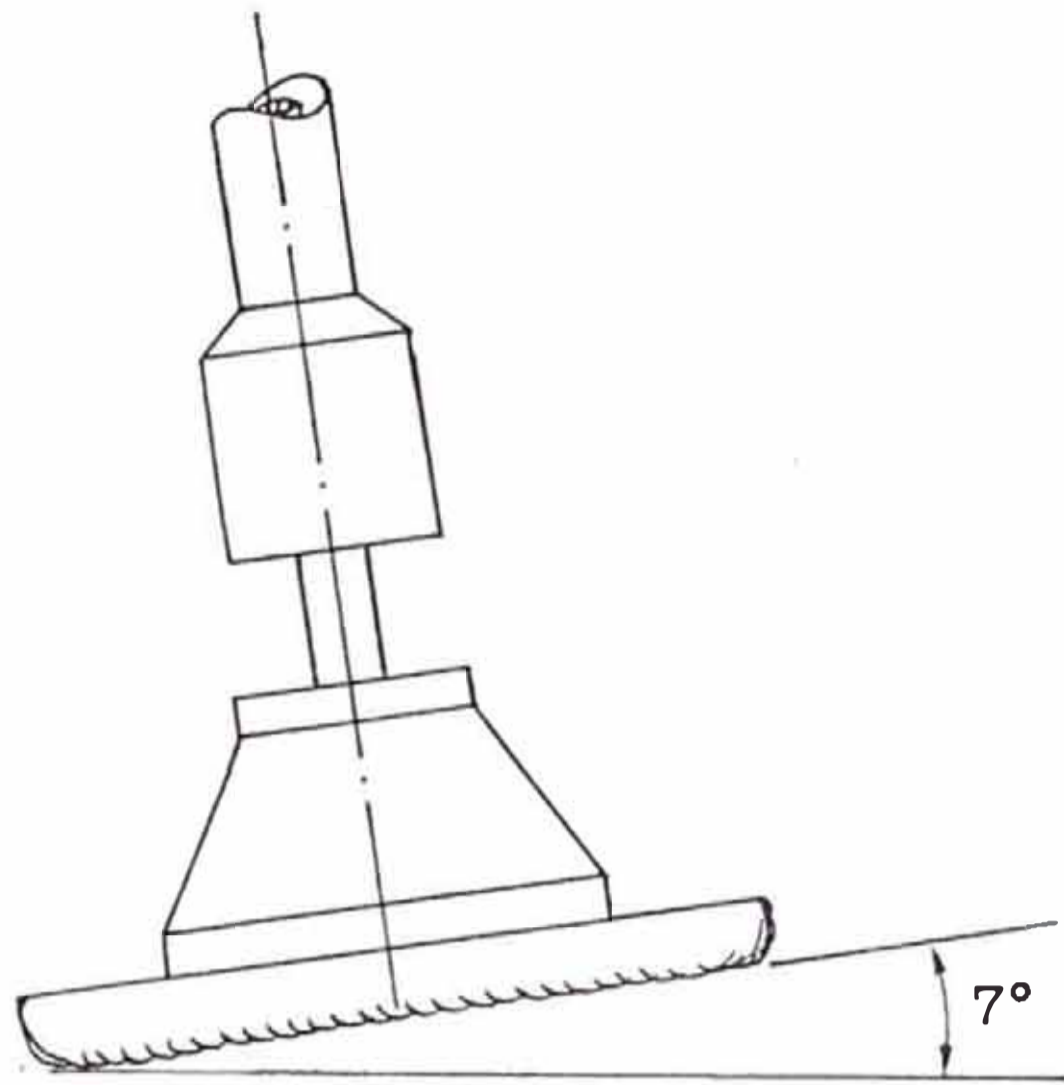


FIG. 12

Con esta inclinación la escobilla se asienta o roza con la superficie del fondo del lavadero en aproximadamente 120° , así:

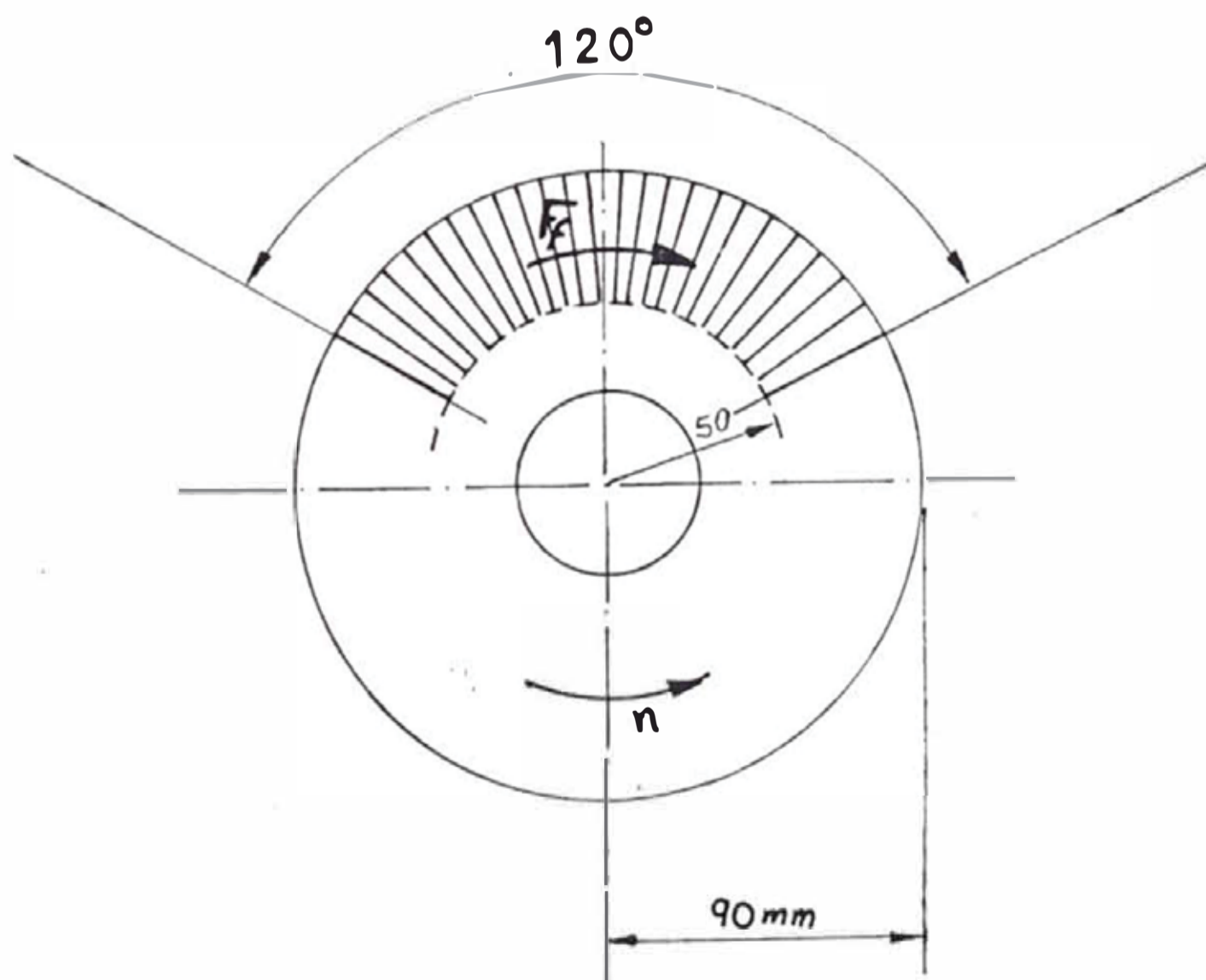
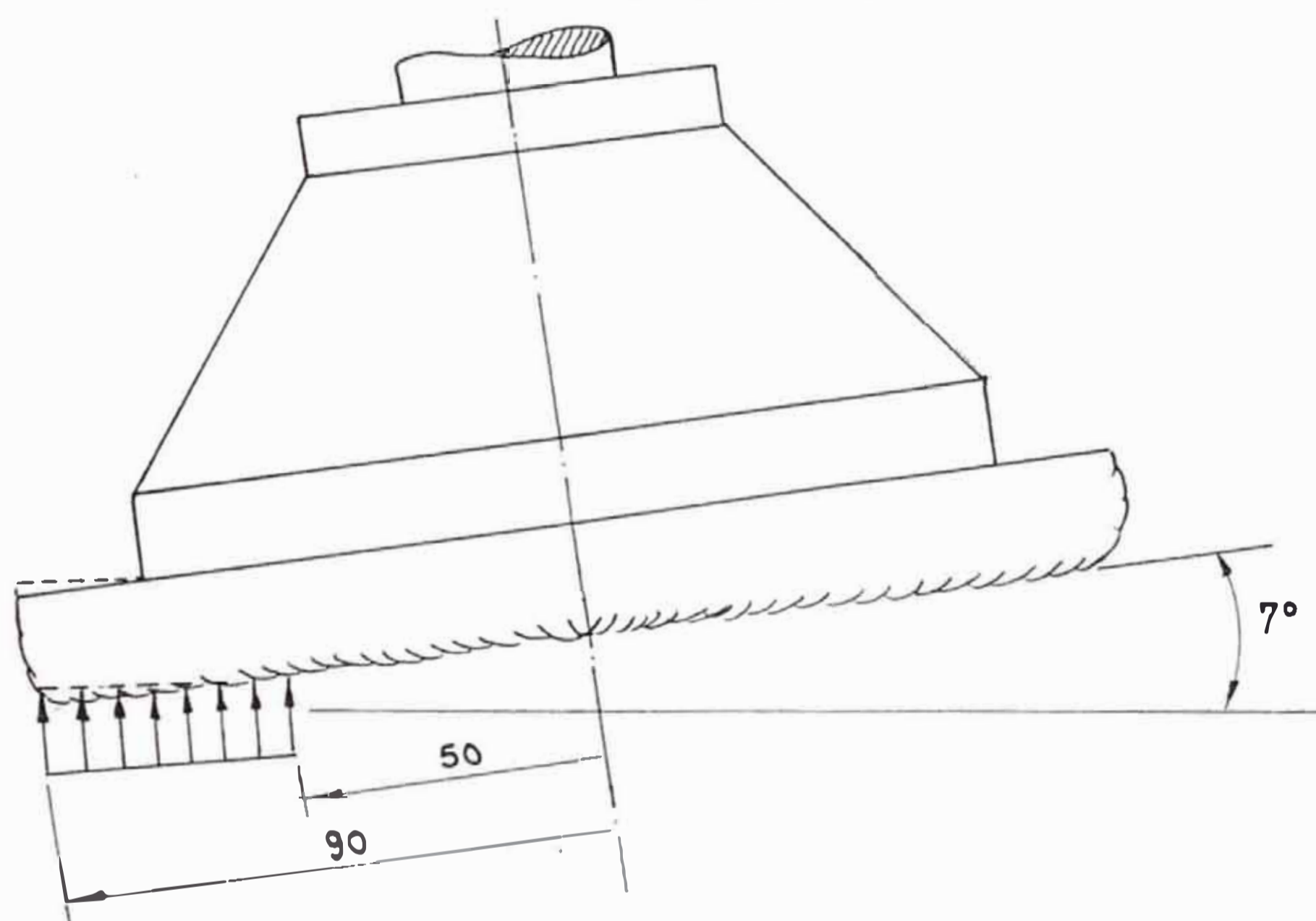


FIG. 13

Cálculo de la fuerza total y torque de rozamiento (una tangencial que se opone al giro de la escobilla y la otra que se opone a la oscilación de la estación sumergible) mediante el criterio de "Presión uniforme" y "Desgaste uniforme", semejante al cálculo de embrages en la transmisión de motores de combustión interna.



$$120 = 2\pi/3$$

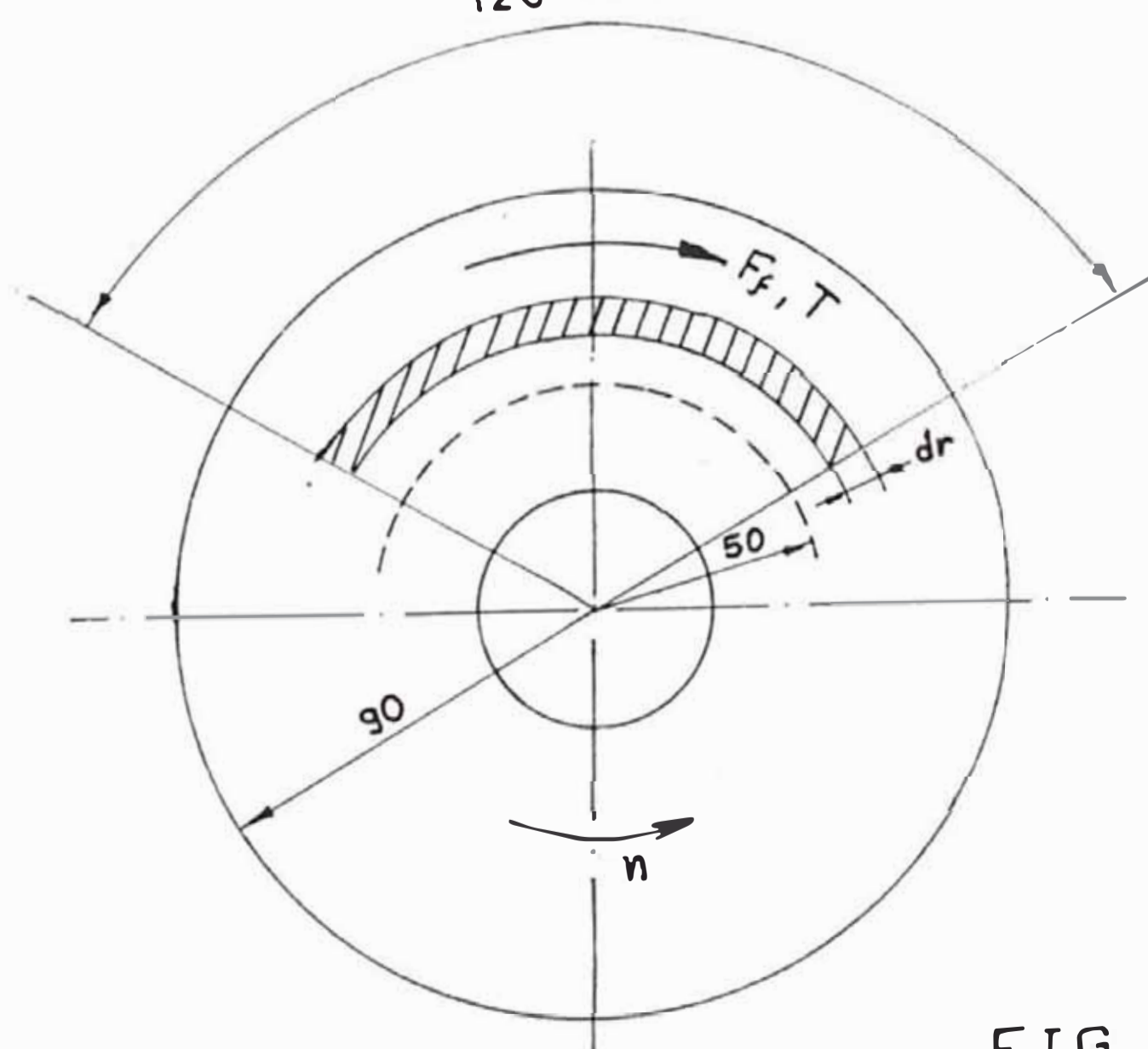


FIG. 14

Aplicando el criterio de "Presión uniforme", tomando una presión máxima de 1.8 Bar. De la Fig. 14.

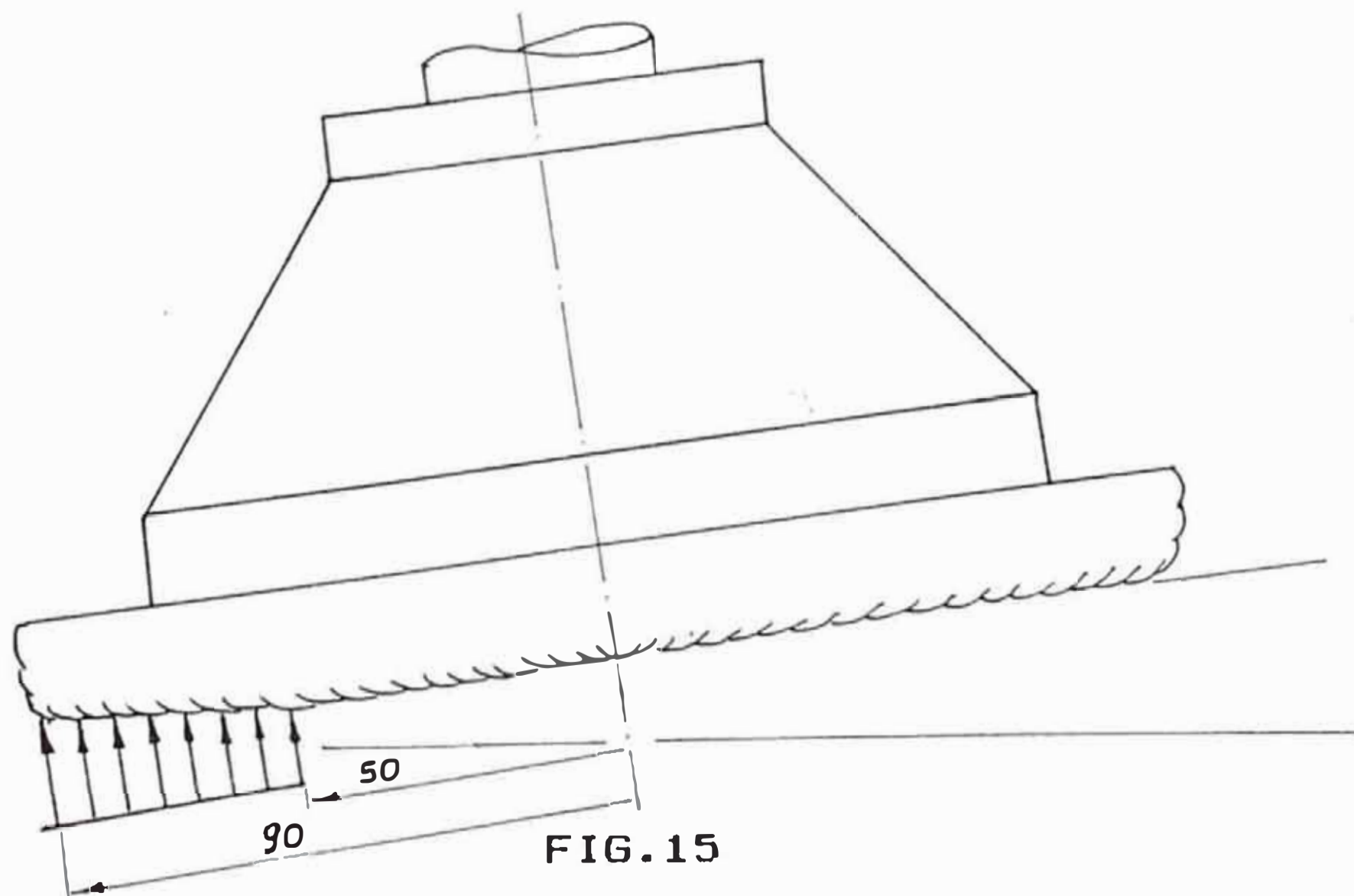
$$\begin{aligned}
 \text{Torque} = T &= \int dT = \int dF_r \cdot r = \int \mu p N \cdot r \\
 &= \mu p \int r \cdot \frac{2\pi}{3} \cdot r \cdot dr = \frac{2\pi}{3} \mu p \int r^2 dr \\
 &= \frac{2\pi}{3} \cdot \mu p \cdot \frac{r^3}{3} \Big|_{0.050}^{0.090} \\
 &= \frac{2\pi}{3} \times 0.12 \times 1.8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \left[\frac{(0.090)^3}{3} - \frac{(0.050)^3}{3} \right] \times 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$T = 9,108.1 \text{ N-mm.}$$

$$T = 80.68 \text{ lb-pulg.}$$

$$\text{PoT} \begin{cases} \text{con 1500 RPM} = 1.92 \text{ HP} = 1.41 \text{ kw} \\ \text{Con 3000 RPM} = 3.83 \text{ HP} = 2.82 \text{ kw} \end{cases}$$

Aplicando el criterio de "Desgaste uniforme"



Cálculo del torque.

$$dT = dF \cdot r$$

$$= \mu \cdot dN \cdot r = \mu \cdot p \cdot dA \cdot r \dots\dots\dots(1)$$

Donde para criterio de "Desgaste uniforme" la presión se expresa como:

$$p = \frac{p_m \cdot R}{r} ; p_m = \text{Presión máxima} = 1.8 \text{ bar.}$$

De (1)

$$dT = \mu \cdot \frac{p_m \cdot (90)}{r} \cdot r \cdot \frac{2\pi}{3} r dr$$

Integrando:

$$T = \mu \cdot p_m \cdot 90 \text{ mm} \times \left. \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{r^2}{2} \right|_{0.050}^{0.090}$$

$$= \mu \cdot p_m \cdot 30 \text{ mm} \times \pi r^2 \left. \right|_{0.050}^{0.090}$$

$$= 0.12 \times 1.8 \times 10^8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 30 \text{ mm} \times \pi \left[(0.090)^2 - (0.050)^2 \right]$$

$$\Rightarrow T = 11,400.2 \text{ N-mm.}$$

$$T = 100.99 \text{ lb-pulg.}$$

$$P_oT \left[\begin{array}{l} \text{con 1500 RPM: } 2.4 \text{ Hp} = 1.77 \text{ kw} \\ \text{con 3000 RPM: } 4.8 \text{ HP} = 3.53 \text{ kw} \end{array} \right.$$

B. Potencia requerida usando escobillas de sisal (Fibra vegetal) de $150 \varnothing_{ext.} \times 120 \text{ long.} \times 50 \varnothing_{int.}$

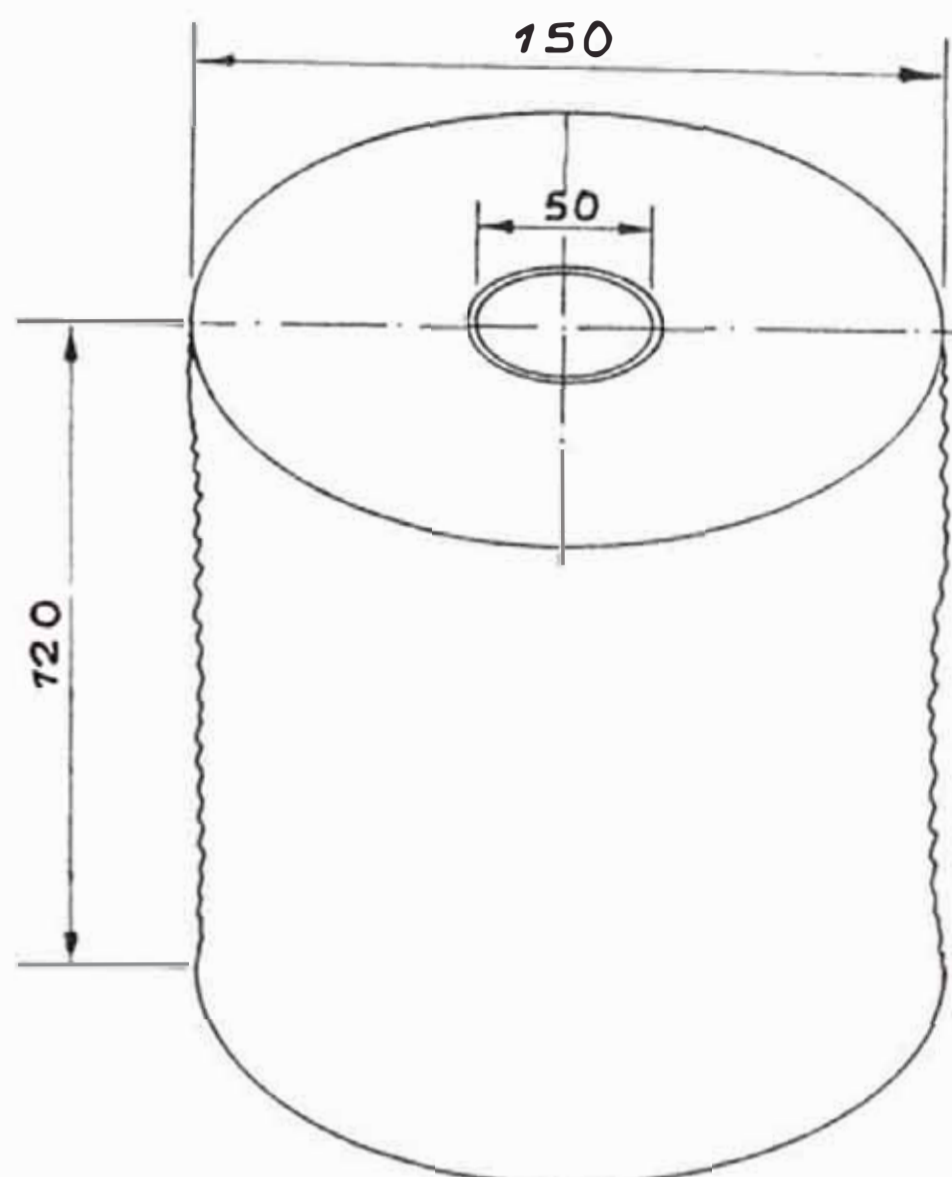


FIG.16

Se observa que al momento de ejercer la presión sobre la escobilla esta se asienta en una área de aproximadamente $60 \times 120 \text{ mm}^2$. Como se ve en la fig.17

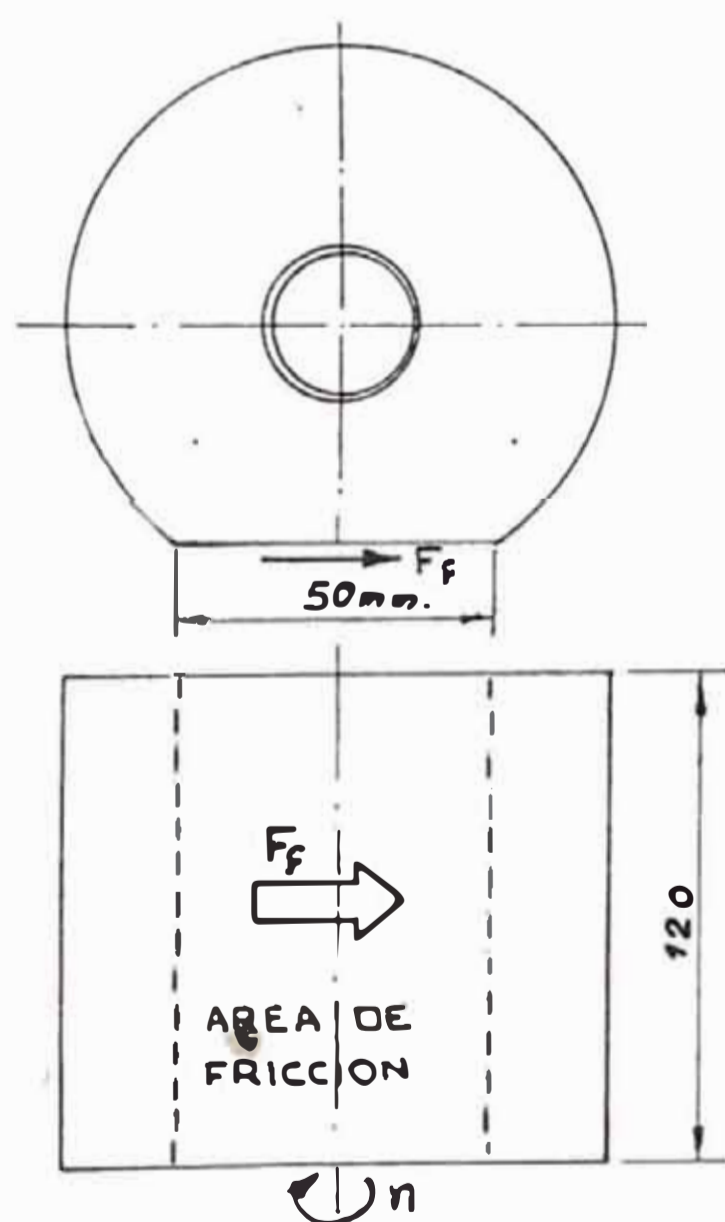


FIG.17

La fuerza de fricción es como se indica en la fig. anterior.

Usando un coeficiente de fricción semejante al del cuero con hierro fundido o acero en estado humedo (ya que el abrasivo esta en forma pastosa), cuyo valor es: $\mu = 0.12 - 0.15$

$$F_r = \mu N = \mu \cdot p \cdot A$$

$$\Rightarrow T_1 = F_r \cdot r$$

$$= \mu \cdot p \cdot A \cdot r \approx \mu \cdot p \cdot A \cdot (74.5) \text{ mm.}$$

$$T = 0.12 \times 1.8 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times (0.050 \times 0.120) \times 74.5$$

$$= 9,655.2 \text{ N-mm} = 85.53 \text{ lb-pulg.}$$

Potencia:

$$\text{Con } 1500 \text{ RPM: } P_{oT} = 2.03 \text{ HP} = 1.49 \text{ kw}$$

$$\text{Con } 3000 \text{ RPM: } P_{oT} = 4.01 \text{ Hp} = 2.99 \text{ kw}$$

Como la eficiencia de los rodamientos es aproximadamente $\eta \approx 0.98$ y $\eta = 0.99$ en el acoplamiento, tomando el caso mas crítico de potencia requerida por la escobilla:

$$P_{\text{motor}} = \frac{2.99}{(0.90)^2 \times 0.99} = 3.145 \text{ kw.}$$

Seleccionamos dos posibles motores:

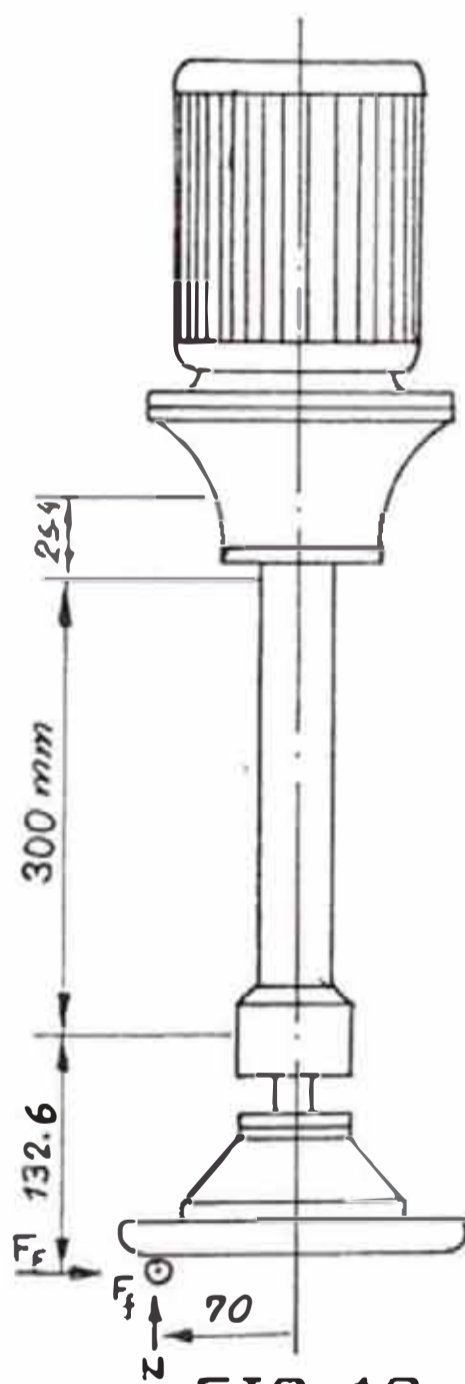
Uno con : 3.6 kw , 1740 RPM. y 4 polos

Otro con : 3.6 kw , 3480 RPM y 2 polos

V. -DISEÑO DE LA MAQUINA PULIDORA

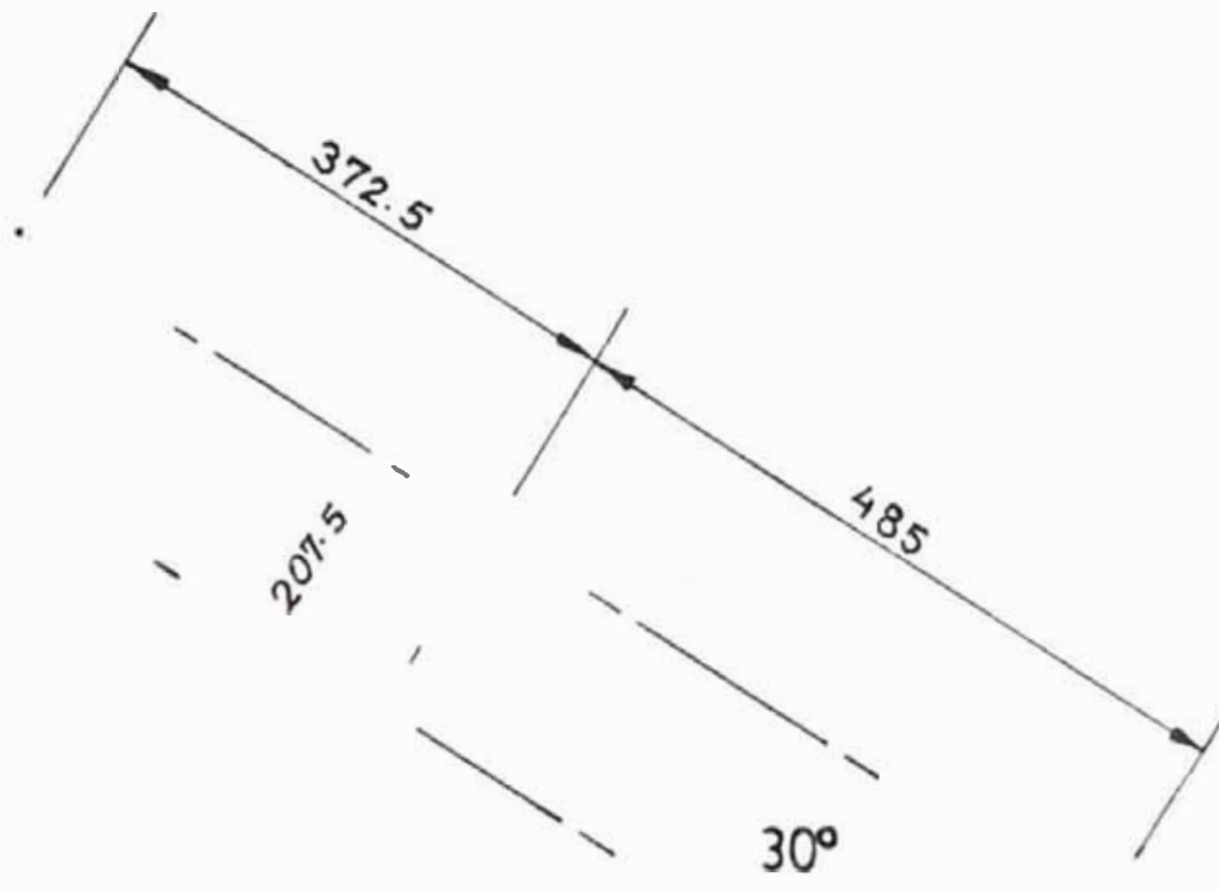
5.1. DISEÑO DE LA TRANSMISION Y EJE PULIDOR

Tomaremos el segundo motor por ser el mas crítico y esto es lo que debera soportar y transmitir nuestro eje hacia la escobilla pulidora.



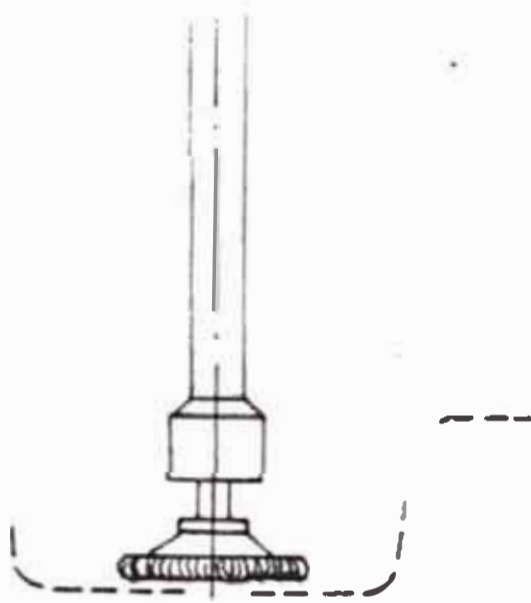
$$P_oT(HF) = \frac{T(N - mn) \times n(RPM)}{7'121,000}$$

$$P_oT = 3.6 \text{ kw} = 4.89 \text{ HP}$$



10°

30°



ESCALA. 1:10



$$\Rightarrow T(\text{N} - \text{mm}) = \frac{4.89 \times 7'121,000}{3480}$$

$$T = 10,006.23 \text{ N-mm} = 88.64 \text{ lb-pulg.}$$

Debemos observar que:

$$T_{\text{requerido}} = 9,655.2 \text{ N-mm} < T_{\text{motor}} = 10,006 \text{ N-mm.}$$

La reacción normal (N) actúa a una distancia del del centro del eje, $r_m = 70\text{mm}$. aproximadamente.

CALCULO DEL DIAMETRO DEL EJE PULIDOR:

Ecuación general de la ASME:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_m} \sqrt{\left[\frac{\alpha F_a d}{8} + C_m M \right]^2 + (C_t T)^2}$$

Donde:

d = Diámetro del eje (pulg.)

S_m = Esfuerzo permisible al corte

$$S_m, \text{ se toma el menor de: } \begin{cases} S_m = 0.3S_y \\ S_m = 0.18S_u \end{cases}$$

S_y = Esfuerzo de fluencia del material del eje

S_u = Esfuerzo de rotura del material del eje

α = Factor de carga axial

F_a = Fuerza axial

C_m = Factor de carga del momento flector

M = Momento flector

C_t = Factor de carga del momento torsor

T = Momento torsor

Para el cálculo de α , se utiliza:

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/k)} \dots \text{si } \frac{L}{k} \leq 115, \text{ ó}$$

$$\alpha = \frac{S_y}{n\pi^2 E} \times \left[\frac{L}{k} \right]^2 \dots \text{si } \frac{L}{k} > 115$$

Donde:

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad ; \quad I = \frac{\pi d^4}{64}$$

k = Radio de giro

I = Momento de inercia

A = Area de la sección del eje

L = Longitud entre soportes o apoyos

E = Módulo de elasticidad

n = Factor que depende del tipo de apoyo

$n = 1$; Para extremos articulados (rodamientos autoalinantes)

$n = 2.25$; Para extremos empotrados

$n = 1.6$; Para extremos parcialmente restringidos,
como: bocinas, cojinetes, chumaceras

Verificación del Cálculo del Eje:

a. Se calcula el diámetro con:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_e} \sqrt{(C_m M)^2 + (C_t T)^2} \quad ; \text{ y se verifica con:}$$

$$S_e = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{\left[\frac{\alpha F_a d}{8} + C_m M \right]^2 + (C_t T)^2} \quad \text{y debe ser}$$

< o igual a S_e del material seleccionado para un buen diseño.

b. Verificación por Deformación Torsional

$$\theta = \frac{TL}{JG} \leq 1^\circ \text{ For cada } 20 \text{ d. de longitud}$$

Donde:

T = Torque aplicado

J = Momento polar de inercia $J = \frac{\pi d^4}{32}$

G = Módulo de elasticidad de corte

L = Longitud = 20 d.

d = Diámetro del eje

c. Verificación por Fatiga

$$d^3 = \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{T}{S_y} \right]^2 + \left[\frac{M}{S_e} \right]^2}$$

Donde:

d = Diámetro del eje

T = Momento torsor o torque

M = Momento flector

S_y = Esfuerzo de fluencia

S_e = Límite de fatiga corregido

$S_e = S_e' k$

S_e' = Límite de fatiga del material

N = Factor de seguridad por fatiga

$N > 1$; significa buen diseño

k = Cte. que $\in [0.38 - 0.4]$

\Rightarrow Como S_{ut} esfuerzo de rotura

$S_e' = 0.5 S_{ut}$

d. Verificación por Deformación Lateral

θ = Pendiente de la elástica en el punto "o"

$k_{1,m}$ = Lugar donde ocurre la flecha máxima

(planos : xz , yz)

$$Y_{max., total} = \sqrt{Y_{max.,xz}^2 + Y_{max.,yz}^2} \quad ; \text{ siempre}$$

en el mismo punto de la elástica

$\delta_{teórica}$ = Deformación permisible

Se debe cumplir: $\delta_{y_{max., total}} < \delta_{teórica}$, para un buen diseño

Para ejes de transmisión $t_{teórica} = 0.01$ pulg./pie de L.

Estimación del diámetro del eje:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_m} \sqrt{(C_m M)^2 + (C_t T)^2}$$

Escojemos un material con característica:

$$S_y = 46,000 \text{ FSI} \quad ; \quad E = 30 \times 10^6 \text{ FSI}$$

$$S_u = 70,000 \text{ FSI} \quad ; \quad G = 12 \times 10^6 \text{ FSI}$$

Tomamos el menor valor de:

$$\left[\begin{array}{l} S_m = 0.3 S_y = 0.3 \times 46,000 = 13,800 \text{ FSI} \\ S_m = 0.18 S_u = 0.18 \times 70,000 = 12,600 \text{ FSI} \end{array} \right.$$

Corrigiendose para eje con chavetero o tornillo de sujeción

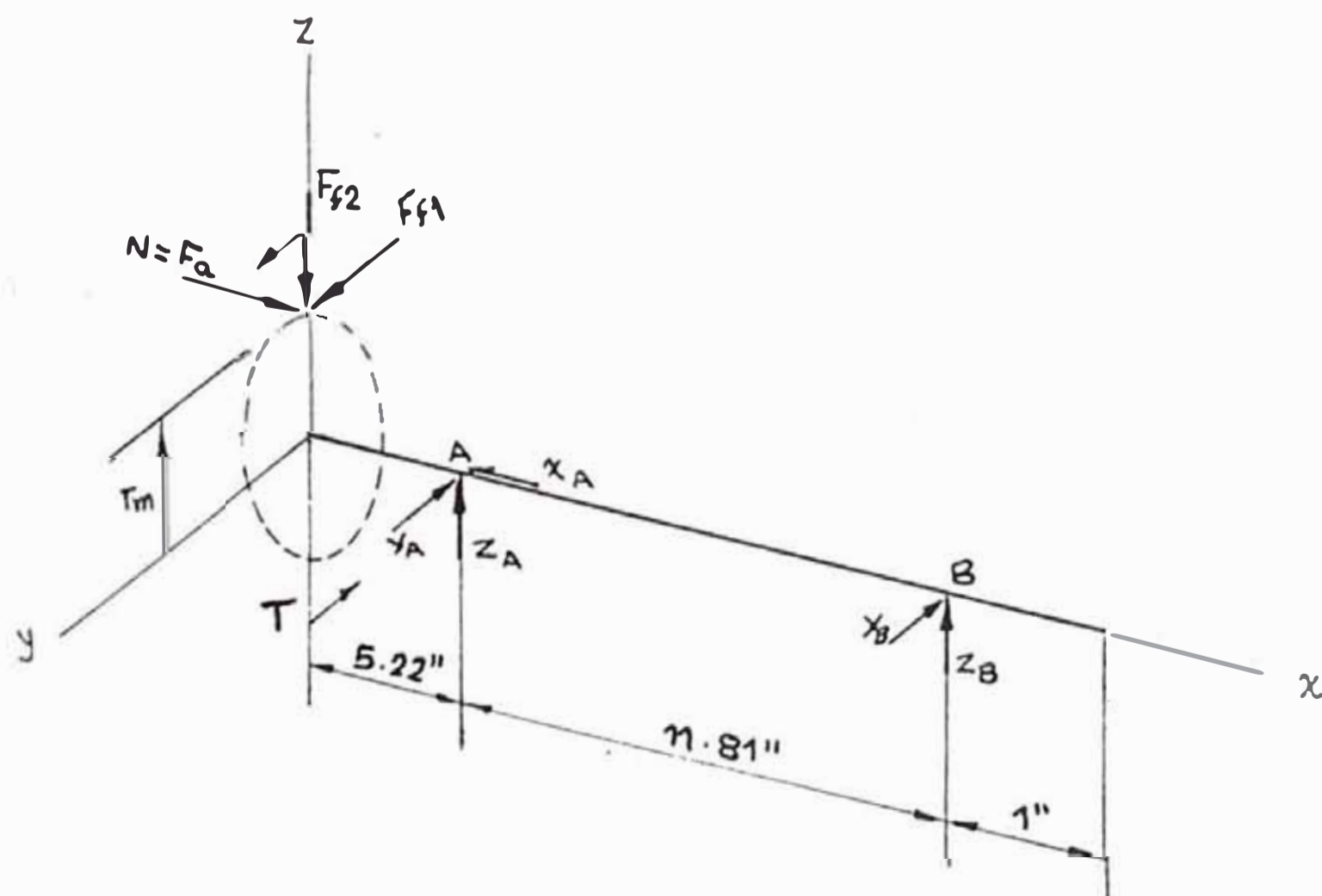
$$S_m' = 0.75 (12,000) = 9,450 \text{ FSI}$$

Para eje giratorio:

$$C_m = 1.5$$

$$C_t = 1.0$$

Cálculo del Momento Flector y Torsor



Las fuerzas de fricción F_{r1} y F_{r2} son iguales porque es la rugosidad la única que se opone a ambas, además actúan en la misma área.

CALCULO DE LA FUERZA DE FRICCIÓN: De la fig. N014

$$dF_r = \mu dN = \mu \cdot p \cdot dA = \mu \cdot p \cdot \frac{2\pi r \cdot dr}{3}$$

$$\Rightarrow F_r = \mu \cdot p \cdot \frac{2\pi}{3} \int_{0.050}^{0.090} r dr = \frac{2\pi}{3} \cdot \mu \cdot p \cdot \left[\frac{r^2}{2} \right]_{0.050}^{0.090}$$

donde $\mu = 0.12$, Para tejido impregnado de plástico contra hierro fundido ó acero.

$$p = 1.8 \text{ bar (presión máxima a usar)} = 1.8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F_r = \frac{2\pi}{3} \times 0.12 \times 1.8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \left[\frac{(0.090)^2}{2} - \frac{(0.050)^2}{2} \right]$$

$$F_r = F_{r1} = F_{r2} = 126.67 \approx 127 \text{ N} = 28.5 \text{ lbs.}$$

CALCULO DE LA FUERZA NORMAL O FUERZA AXIAL

De la Fig.14

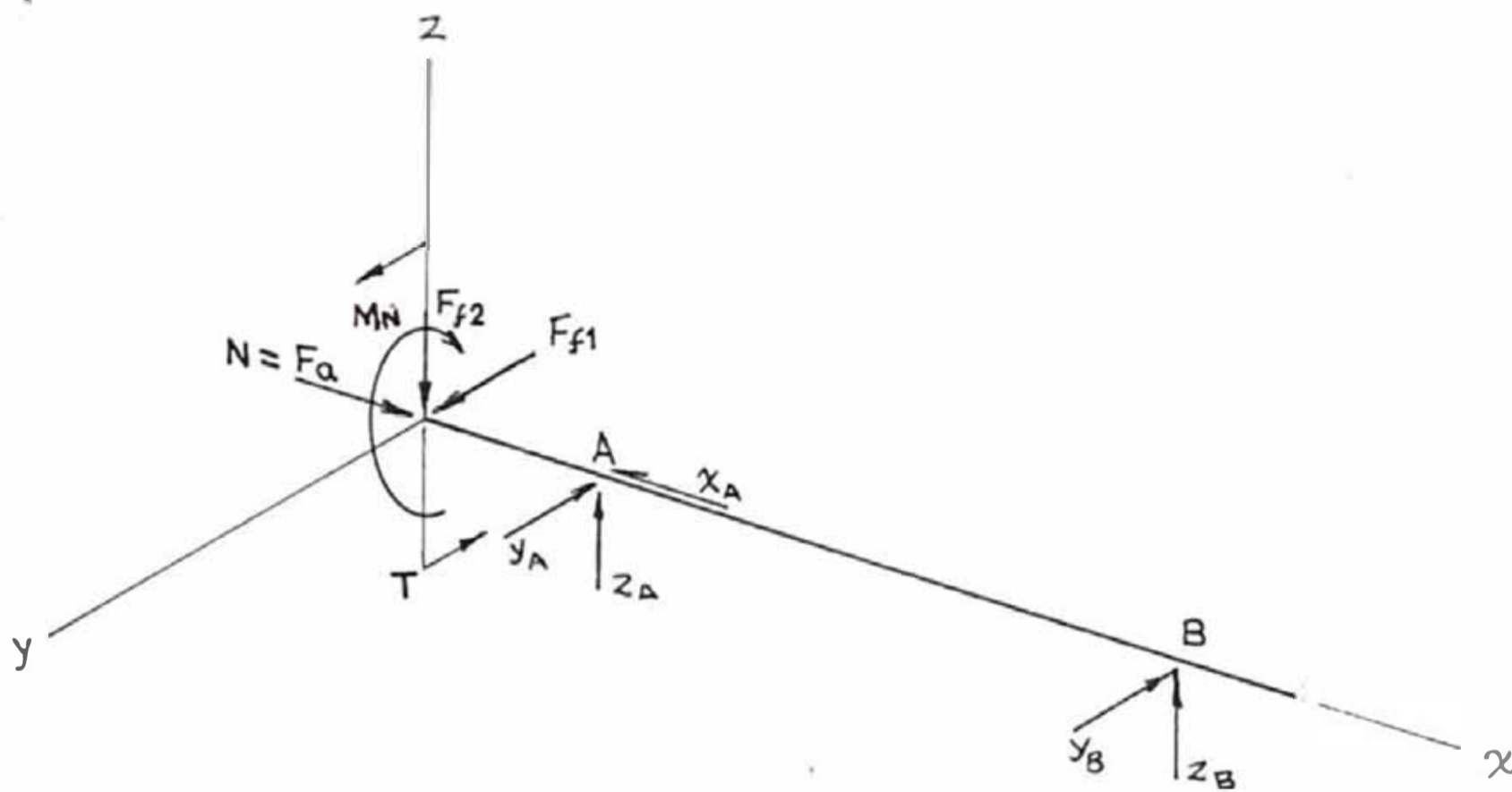
$$dN = p \cdot dA = p \cdot \frac{2\pi}{3} r dr = \frac{2\pi}{3} \cdot p \cdot r \cdot dr$$

$$\Rightarrow N = F_a = \frac{2\pi}{3} \cdot p \int r dr = \frac{2\pi}{3} \cdot p \cdot \frac{r^2}{2} \Big|_{0.050}^{0.090}$$

$$= \frac{2\pi}{3} \times 1.8 \times 10^9 \left[\frac{(0.090)^2}{2} - \frac{(0.050)^2}{2} \right]$$

$$N = F_a \approx 1056 \text{ N} = 237.5 \text{ lbs}$$

Nuestro eje queda así:

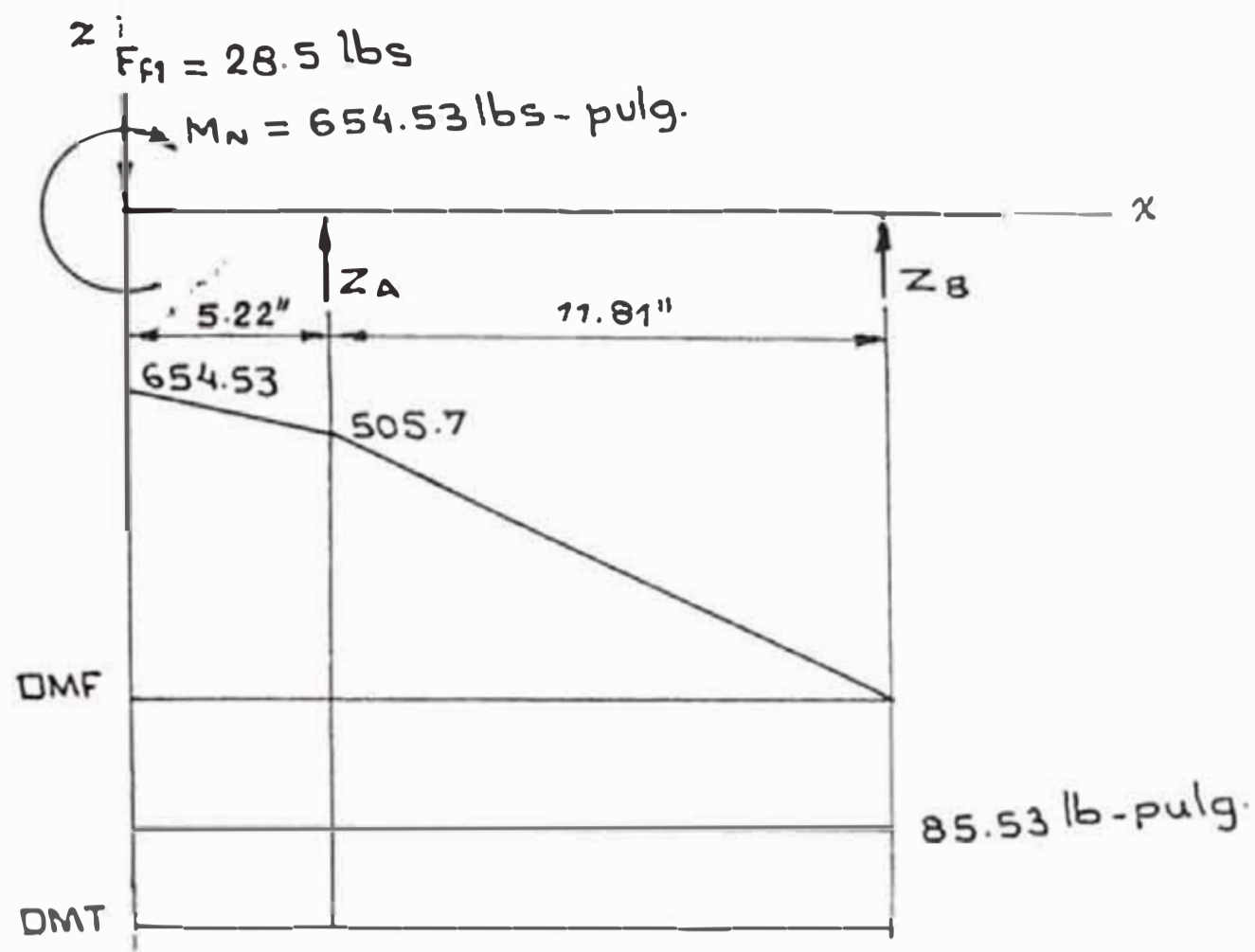


M_N = Momento flector debido a la fuerza axial o normal

$$N. = 237.5 \text{ lbs} \times 70 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ pulg.}}{25.4 \text{ mm}} = 654.53 \text{ lb-pulg.}$$

Asumimos que la fuerza normal es absorbida por el apoyo A

PLANO XZ



$$\Sigma F_z = 0$$

$$Z_A + Z_B = 28.5 \dots \dots \dots (1)$$

$$\Sigma M_A = 0$$

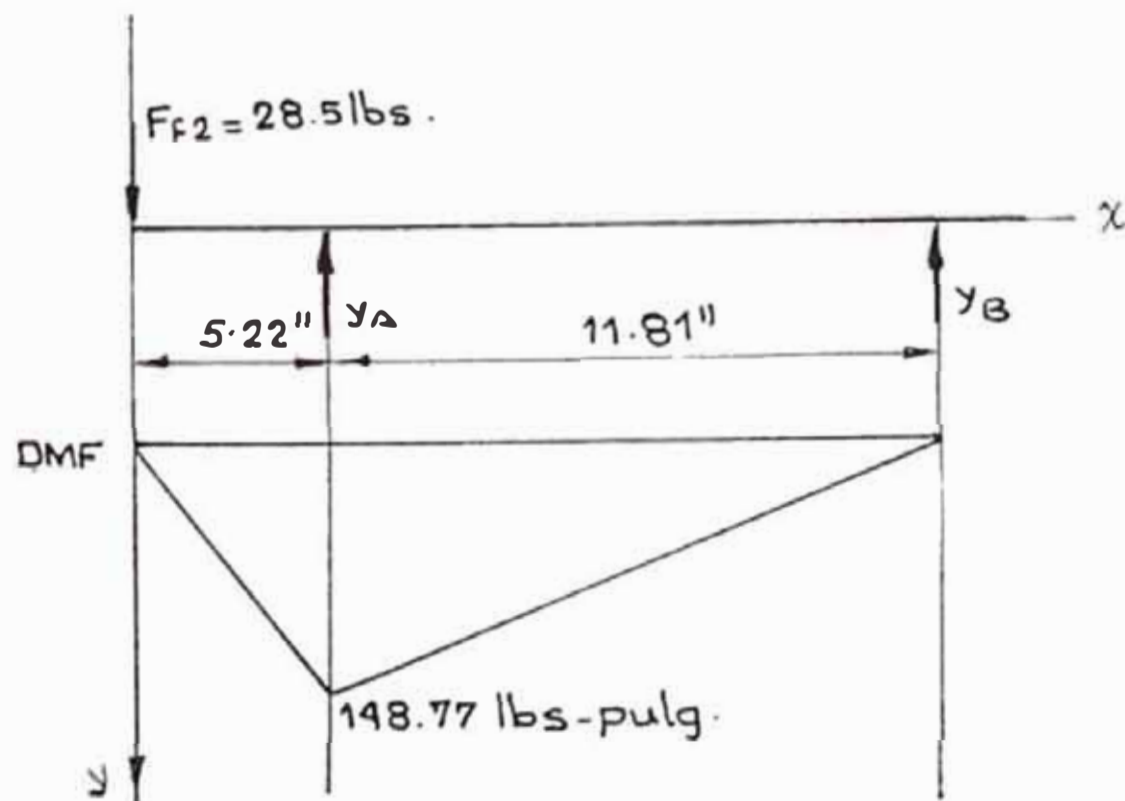
$$- 654.3 + 28.5(5.22) + Z_B(11.81) = 0$$

$$Z_B = 42.82 \text{ lbs.}$$

=> De (1)

$$Z_A = -14.32 \text{ lbs. Cambiamos de sentido}$$

PLANO XY:



$$\Sigma F_y = 0$$

$$y_A + y_B = 28.5 \dots\dots(1)$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$28.5(5.22) + y_B (11.81) = 0$$

$$y_B = -12.59 \text{ lbs.}$$

Cambiamos de sentido

$$\Rightarrow y_A = 41.1 \text{ lbs.}$$

PUNTO CRITICO:

$$M_{p\text{total}} = \sqrt{M_{xz}^2 + M_{xy}^2} = \sqrt{(654.53)^2 + 0^2}$$

$$M_{p\text{total}} = 654.53 \text{ lb-pulg.}$$

$$M_{a\text{total}} = \sqrt{(505.7)^2 + (148.77)^2} = 527.13 \text{ lb-}$$

pulg.

. . El punto crítico es el extremo "P" con:

$$M = M_p = 654.53 \text{ lb-pulg.}$$

$$T = 78.54 \text{ lb-pulg.}$$

Estimación del diámetro:

$$d^3 = \frac{16}{\pi(9450)} \sqrt{(1.5 \times 654.53)^2 + (1 \times 78.54)^2}$$

$$d = 0.80968" = 20.57 \text{ mm.}$$

=> Diámetro normalizado: $d = 1" = 25.4 \text{ mm.}$

a) Comprobación Con La Formula De La ASME

$$S_m = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{\left[\frac{\alpha F_a d}{8} + C_m M \right]^2 + (C_t T)^2}$$

$$d = 1" = 25.4 \text{ mm.}$$

$$M = 654.53 \text{ lbs-pulg.}$$

$$F_a = 237.5 \text{ lbs.}$$

$$T = 78.54 \text{ lbs-pulg.}$$

$$C_m = 1.5$$

$$L = 17.03 \text{ pulg.}$$

$$C_t = 1.0$$

$$k = \sqrt{\frac{\pi d^4 / 64}{\pi d^2 / 4}}$$

$$k = \sqrt{\frac{d^2}{16}} = \frac{d}{4} = \frac{1}{4}$$

$$k = 0.25$$

$$\frac{L}{k} = \frac{17.3}{0.25} = 68.12 \ll 115 \Rightarrow \text{usamos } \alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/k)}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(68.12)} = 1.42$$

$$\Rightarrow S_s = \frac{16}{\pi(1)^3} \left(\frac{1.42 \times 237.5 \times 1}{8} + 1.5 \times 654.53)^2 + (1 \times 78.54)^2 \right)$$

$$S_s = 5,230 < 9,450 \quad \therefore \text{Esta Bien.}$$

. . Se toma $d = 1" = 25 \text{ mm.}$

b. VERIFICACION POR DEFORMACION TORSIONAL (θ)

Sabemos que se debe cumplir:

$\theta_{\text{permisible}} < 1^\circ$ por cada $20d$ de longitud.

Es decir:

$$\theta_{\text{real}} \leq \theta_{\text{permisible}} = 1^\circ$$

Donde:

$$\theta_{\text{real}} = \frac{T.L}{J.G}$$

$$L = 20d = 20(1") = 20"$$

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi(1")^4}{32} = 0.09817477$$

$$G = 12 \times 10^6, \quad T = 78.54 \text{ lb-pulg.}$$

$$\theta = \frac{(78.54)(20)}{(0.09817477)(12 \times 10^6)} = 0.0013333364$$

$$\Rightarrow \theta_{\text{real}} = 0.0013333364 \text{ Rad.} = 0.07639^\circ \ll 1^\circ \quad \therefore \text{Esta bien}$$

C. VERIFICACION POR FATIGA:

$$d^3 = \frac{32 N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{T}{S_y} \right]^2 + \left[\frac{M}{S_e} \right]^2}$$

$$d = 1''$$

$$S_y = 46,000 \text{ PSI}$$

$$T = 78.54 \text{ lb-pulg.}$$

$$M = 654.53 \text{ lb-pulg.}$$

N = Factor de seguridad por fatiga.

Si $N > 1$, significa buen diseño.

$$S_e = k S'_e$$

$$k = [0.38 - 0.40]$$

como:

$$S_u = 70,000 \text{ PSI} \ll 200 \text{ kPSI}$$

$$\Rightarrow S'_e = 0.5 S_u$$

$$\Rightarrow S'_e = 35,000 \text{ PSI}$$

$$\therefore S_e = 0.38(35,000)$$

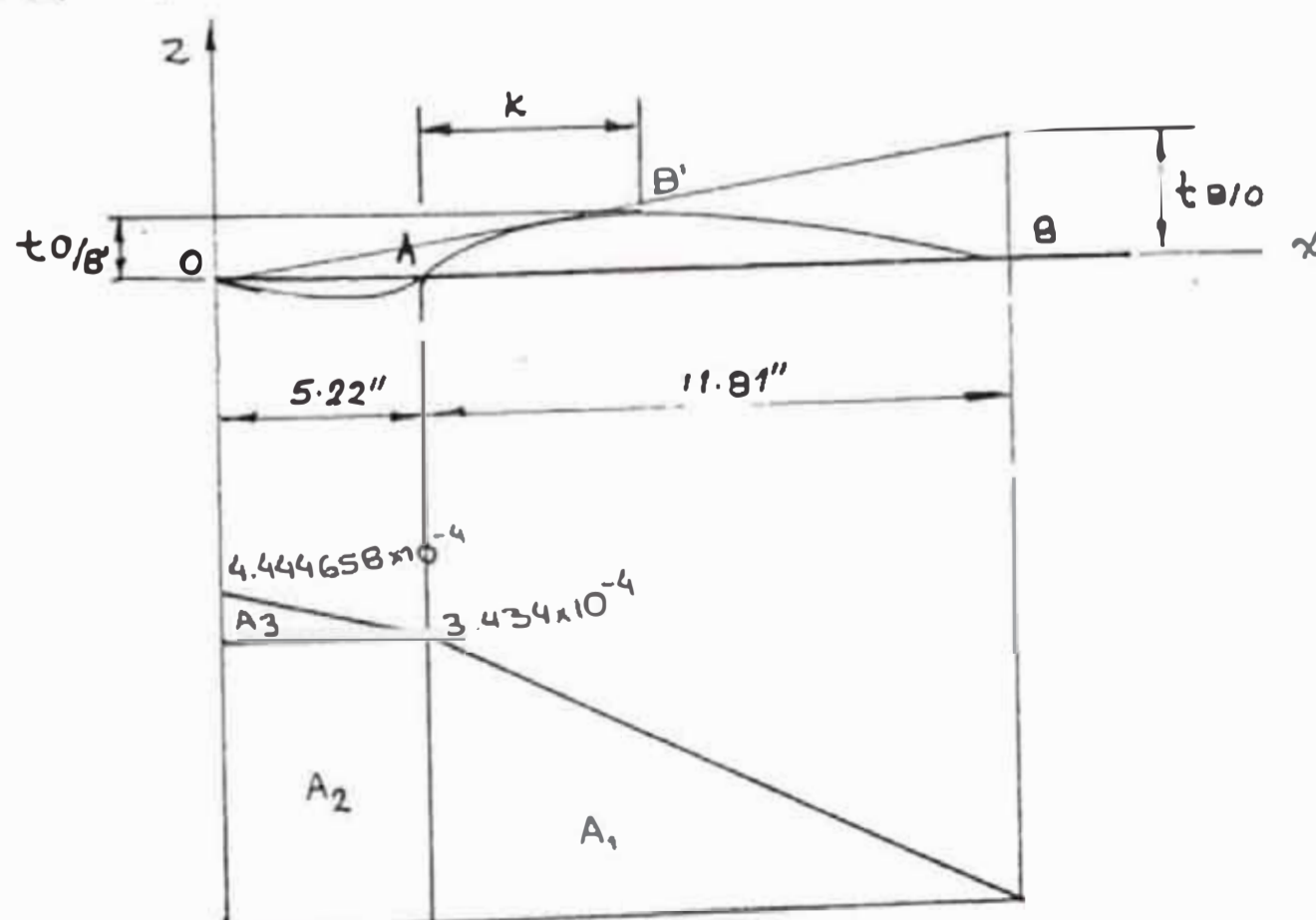
$$S_e = 13,300 \text{ PSI}$$

$$\Rightarrow (1)^3 = \frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{78.54}{46,000} \right]^2 + \left[\frac{654.53}{13,300} \right]^2}$$

$$\Rightarrow N = 1.9937 > 1 \dots \text{ Esta bien}$$

D. VERIFICACION POR DEFORMACION LATERAL :

PLANO X Z :



$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 0.049087$$

$$E = 30 \times 10^6 \text{ Lb. Pulg}^2$$

$$EI = 1'472,621.556 \text{ Lb.Pulg}^2$$

$$\theta_0 = - \frac{t_{\text{arco}}}{L}$$

$$L = 17.03 \text{ Pulg.}$$

$$A_1 = \frac{11.81 \times 3.43 \times 10^{-4}}{2} = 0.00202778$$

$$A_2 = 5.22 \times 3.434 \times 10^{-4} = 0.0017925$$

$$A_3 = \frac{(4.444658 \times 10^{-4} - 3.434 \times 10^{-4}) (5.22)}{2}$$

$$A_3 = 2.63782 \times 10^{-4}$$

$$t_{B/O} = Z_1 A_1 + Z_2 A_2 + Z_3 A_3$$

$$= \frac{2}{3} \times 11.81 \times 0.00202778 + \frac{(5.22 + 11.81)}{2} (0.017925)$$

$$+ \frac{(2 \times 5.22 + 11.81)}{2} (2.63782 \times 10^{-4})$$

$$= 0.0458464645$$

$$\implies \theta_0 = - \frac{0.0458464695}{17.03} = - 0.0026921$$

$$\theta_{A/O} = \theta_A - \theta_0 \implies \theta_A = \theta_{A/O} + \theta_0$$

$$\theta_{A/O} = A_2 + A_3 = 0.0017925 + 2.63762 \times 10^{-4} = 0.002056282$$

$$\implies \theta_A = 0.002056282 + (-0.0026921) = - 6.35818 \times 10^{-4}$$

$$\theta_{B/O} = \theta_B - \theta_0 \implies \theta_B = \theta_{B/O} + \theta_0$$

$$\theta_{B/O} = A_1 + A_2 + A_3 = 0.004084062$$

$$\implies \theta_B = 0.004084062 + (-0.0026921) = - 0.001391962$$

∴ La Deformación Máxima (Z_{\max}) esta entre A y B

$$\theta_{B/O} = \theta/B - \theta_0 \implies \theta_{B/O} = -\theta_0$$

$$\implies 2.63782 \times 10^{-4} + 0.0017925 + \frac{K}{2} \times \frac{K}{11.81} \times 3.434 \times 10^{-4} +$$

$$[3.434 \times 10^{-4} - \frac{K}{11.81} \times 3.434 \times 10^{-4}] \times K = + 0.0026921$$

$$- 1.453852 \times 10^{-8} K^2 + 3.434 \times 10^{-4} K - 6.35818 \times 10^{-4} = 0$$

$$1.453852 K^2 - 34.34 K + 63.5818 = 0$$

$$\implies K = \frac{34.34 \pm \sqrt{(34.34)^2 - 4(1.453852)(63.5818)}}{2(1.453852)}$$

$$\implies K \begin{cases} = 21.59" , \text{ No existe} \\ = 2.026" , \text{ Tomamos este valor.} \end{cases}$$

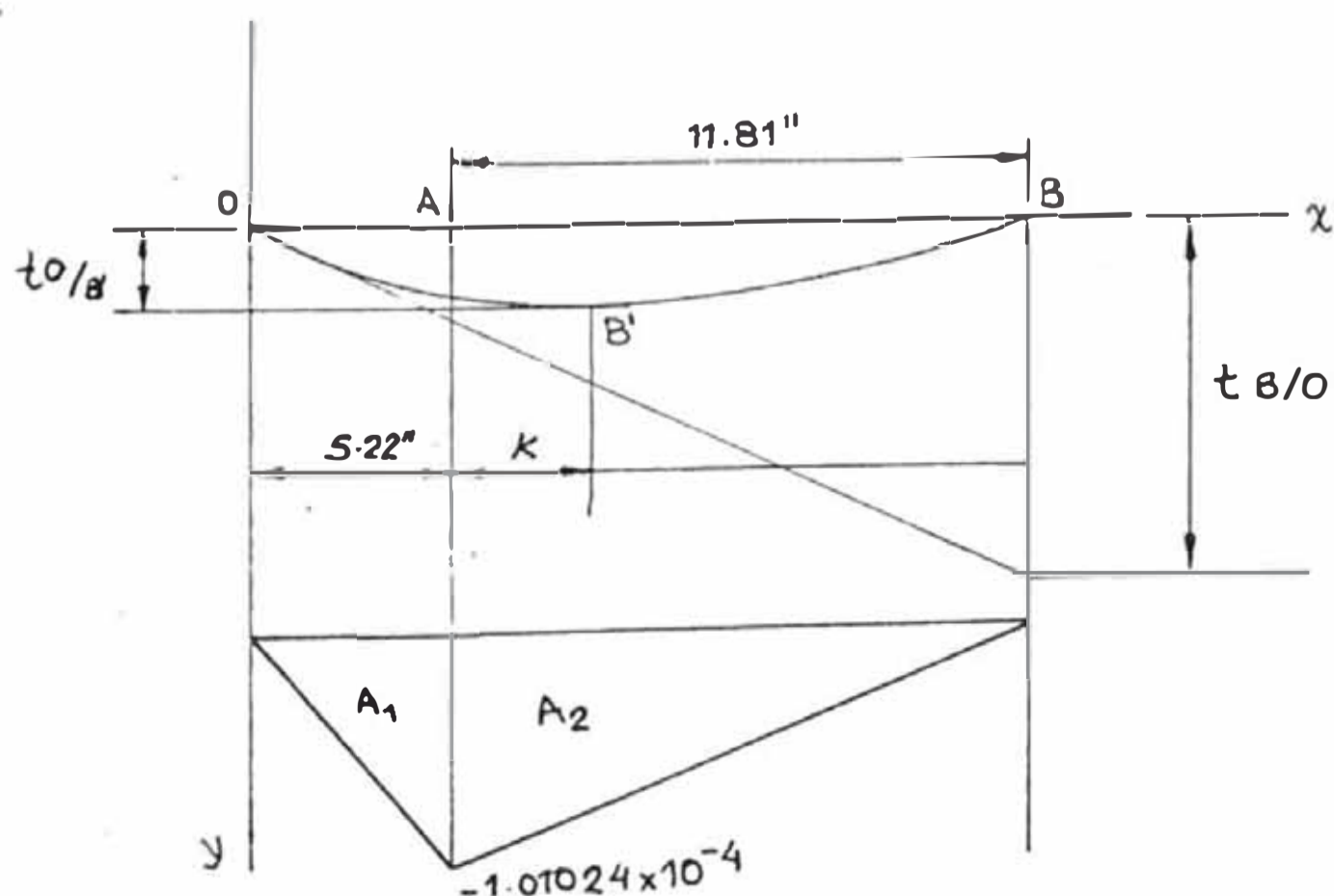
$$\implies t_{O/B} = Y_{\max} = 2.6378 \times 10^{-4} \times \frac{5.22}{3} + 0.0017925 \times \frac{5.22}{2}$$

$$+ \frac{2.026}{2} \times \frac{2.026}{11.81} \times 3.434 \times 10^{-4} [5.22 + 1 \times 2.026] +$$

$$+ [3.434 \times 10^{-4} - \frac{2.026}{11.81} \times 3.434 \times 10^{-4}] \times 2.026 \times \frac{(5.22 + 2.026)}{2}$$

$$\implies t_{O/B} = 0.00677626 \text{ Pulg. ; en } X = 7.246"$$

PLANO XY



$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 0.049087$$

$$EI = 1'472,621.556 \text{ Lb} - \text{Fulg}^2$$

$$\theta_0 = - \frac{t_{B/O}}{L}$$

$$L = 17.03 \text{ Fulg.}$$

$$A_1 = - \frac{5.22}{2} \times 1.01024 \times 10^{-4} = - 2.6367 \times 10^{-4}$$

$$A_2 = - \frac{11.81}{2} \times 1.01024 \times 10^{-4} = - 5.9655 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow t_{B/O} &= - \frac{2}{3} \times 11.81 \times 5.9655 \times 10^{-4} - (11.81 + \\ &\quad \frac{1 \times 5.22}{3}) \times 2.6367 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow t_{B/O} = - 0.0082695$$

$$\Rightarrow \theta_0 = - \frac{-0.0082695}{17.03} = 4.8558 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \theta_{A/O} = \theta_A - \theta_0 \Rightarrow \theta_A &= \theta_{A/O} + \theta_0 \\ &= -2.6367 \times 10^{-4} + 4.8558 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \theta_A = 2.2191 \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned} \theta_{B/O} = \theta_B - \theta_0 \Rightarrow \theta_B &= \theta_{B/O} + \theta_0 \\ &= -2.6367 \times 10^{-4} - 5.9655 \times 10^{-4} + 4.8558 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \theta_B = -3.7464 \times 10^{-4}$$

La Deformación Máxima ($Y_{\text{máx}}$) esta entre A y B (B')

$$\theta_{B'/O} = \theta_{B'} - \theta_0 \Rightarrow \theta_{B'/O} = - \theta_0$$

$$\Rightarrow -2.6367 \times 10^{-4} - \frac{K}{2} \times \frac{K}{11.81} \times 1.01024 \times 10^{-4} -$$

$$K [1.01024 \times 10^{-4} - \frac{K}{11.81} \times 1.01024 \times 10^{-4}] = -4.8558 \times 10^{-4}$$

Reduciendo :

$$4.273K^2 - 101.024K + 221.91 = 0$$

$$K = \frac{101.024 \pm \sqrt{(101.024)^2 - 4(4.273)(221.91)}}{2(4.273)}$$

$$K = \frac{101.024 \pm 80.1}{2(4.273)} \implies 1 \left[\begin{array}{l} K_1 = 21.19 \text{ No Existe} \\ K = 2.45'' \text{ Si Existe} \end{array} \right.$$

$$\therefore K = 2.45''$$

$$\implies t_{o/B} = Y_{\max} = -2.6367 \times 10^{-4} \times \frac{2}{3} \times 5.22 - \frac{2.45}{2} \times \frac{2.45}{11.81} \times$$

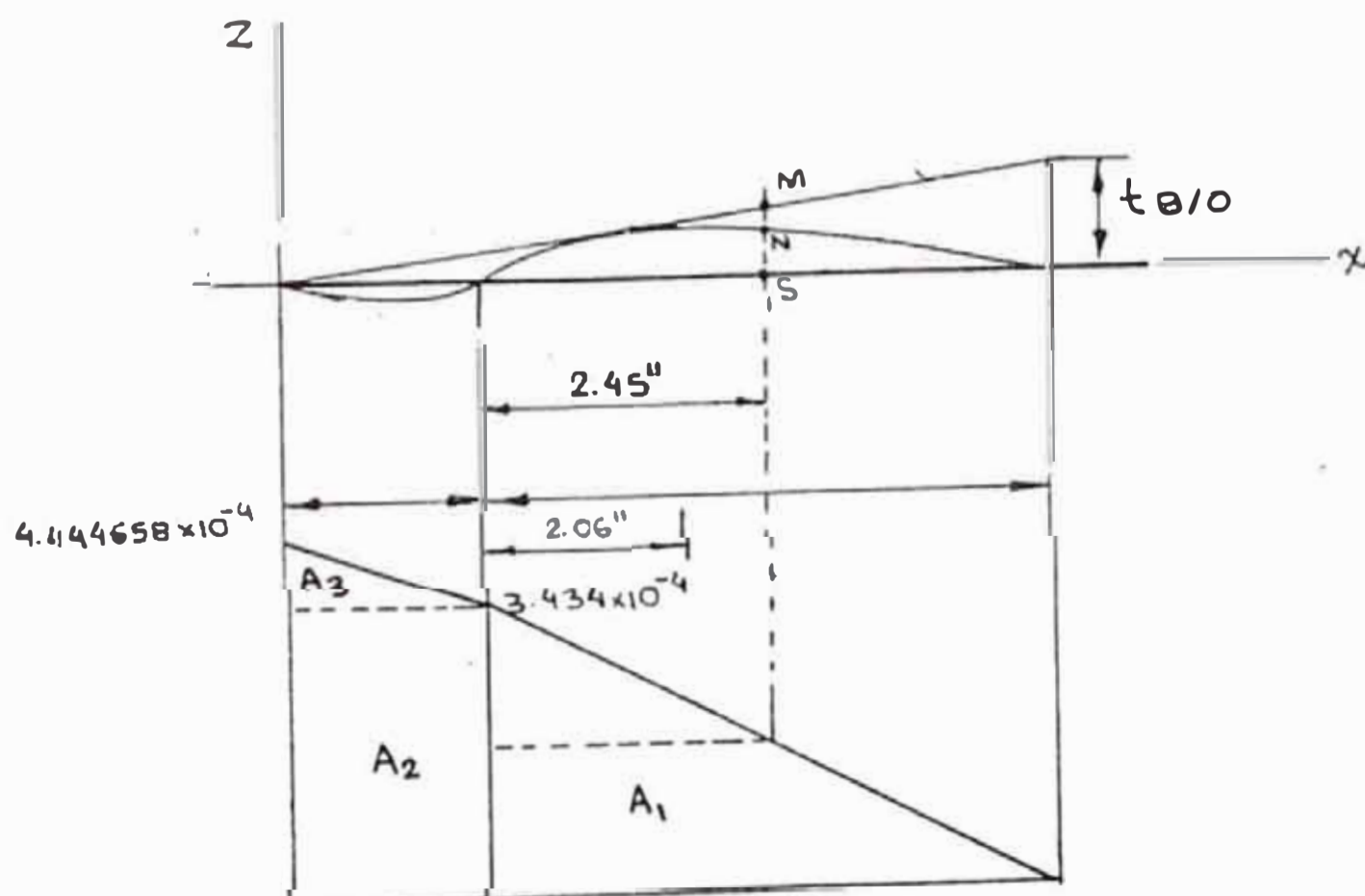
$$1.01024 \times 10^{-4} \left[5.22 + \frac{1}{3} \times 2.45 \right] - 2.45 \left[1.01024 \times 10^{-4} -$$

$$\frac{2.45}{11.81} \times 1.01024 \times 10^{-4} \right] \times \left(5.22 + \frac{2.45}{2} \right)$$

$$t_{o/B} = Y_{\max} = -0.0023368 \text{ Pulg}$$

$$Ex X = 7.67 \text{ Pulg}$$

DEFLEXION EN EL PUNTO XZ, EN X = 7.67 PULG



$$NS = MS - MN$$

$$MN = t_{N/O}$$

$$= 2.6367 \times 10^{-4} (5.22 \times \frac{2}{3} + 2.45) +$$

$$0.0017925 (\frac{5.22}{2} + 2.45) +$$

$$\frac{2.45}{11.81} \times 3.434 \times 10^{-4} \times 2.45 (\frac{2}{3} \times 2.45) +$$

$$3.434 \times 10^{-4} - 7.124 \times 10^{-5} \times 2.45 (\frac{2.45}{2})$$

$$\Rightarrow MN = t_{N/O} = 0.01230565 \text{ Pulg.}$$

También :

$$\frac{MS}{t_{B/O}} = \frac{5.22 + 2.45}{17.03} \Rightarrow MS = 0.0458464645 \times \frac{5.22 + 2.45}{17.03}$$

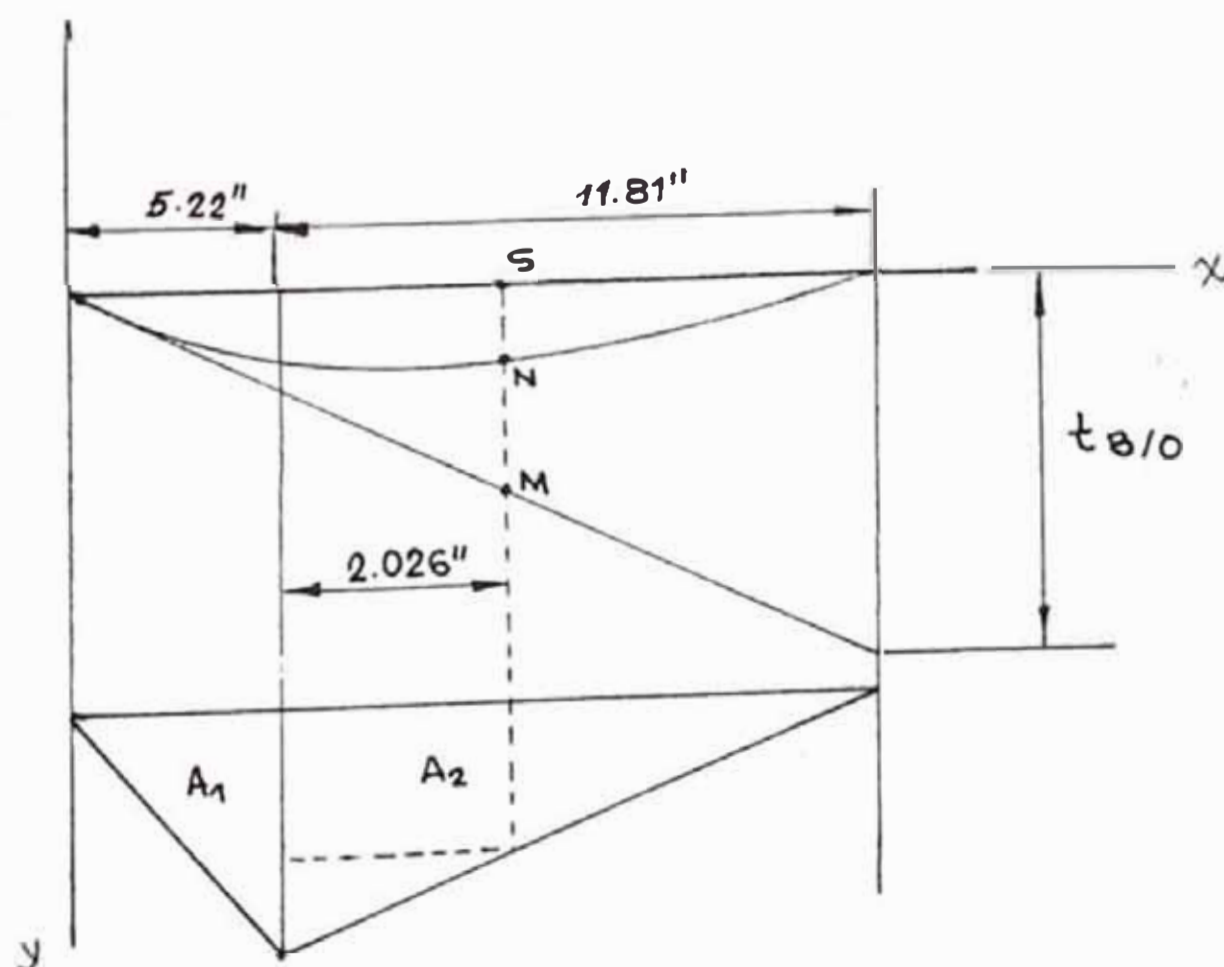
$$\Rightarrow MS = 0.0206484$$

La Flecha en $X = 7.67$ Pulg. Será :

$$d = NS = MS - MN = 0.0206484 - 0.01230565$$

$$d = 9.1291 \times 10^{-4} \text{ Pulg.}$$

DEFLEXION EN EL PLANO XY PARA $X = 7.246$ PULG.



$$t_{B/O} = 0.0082695$$

$$NS = MS - MN$$

$$MN = t_{N/O} = - 2.6367 \times 10^{-4} \frac{(5.22 + 2.026)}{3} -$$

$$- \frac{2.026}{11.81} \times 1.01024 \times 10^{-4} \times \frac{2}{3} \times 2.026 -$$

$$(1.01024 \times 10^{-4} - 1.733 \times 10^{-9}) \times \frac{2.026 \times 2.026}{2}$$

$$MN = t_{N/O} = - 0.00118815$$

$$\Rightarrow \frac{SM}{t_{P/O}} = \frac{7.246}{17.03} \quad \Rightarrow \quad SM = 0.0082695 \times \frac{7.246}{17.03}$$

$$= 0.00351854 \text{ Pulg}$$

$$\Rightarrow SN = 0.00351854 - 0.00118815 = 0.00233034 \text{ Pulg}$$

$$\text{En } X = 7.246 \text{ Pulg}$$

En el Espacio sería :

Punto : $x = 7.246$ Pulg.

$$\delta_{\text{espacial}} = \sqrt{(0.00677626)^2 + (0.00233034)^2}$$

$$\delta_{\text{espacial}} = 0.00716576 \text{ Pulg.}$$

Punto : $x = 7.67$ Pulg.

$$\delta_{\text{espacial}} = \sqrt{(0.0023368)^2 + (9.1291 \times 10^{-4})^2}$$

$$\delta_{\text{espacial}} = 0.00250879 \text{ Pulg.}$$

La máxima deformación espacial será : = 0.00716576 Pulg.

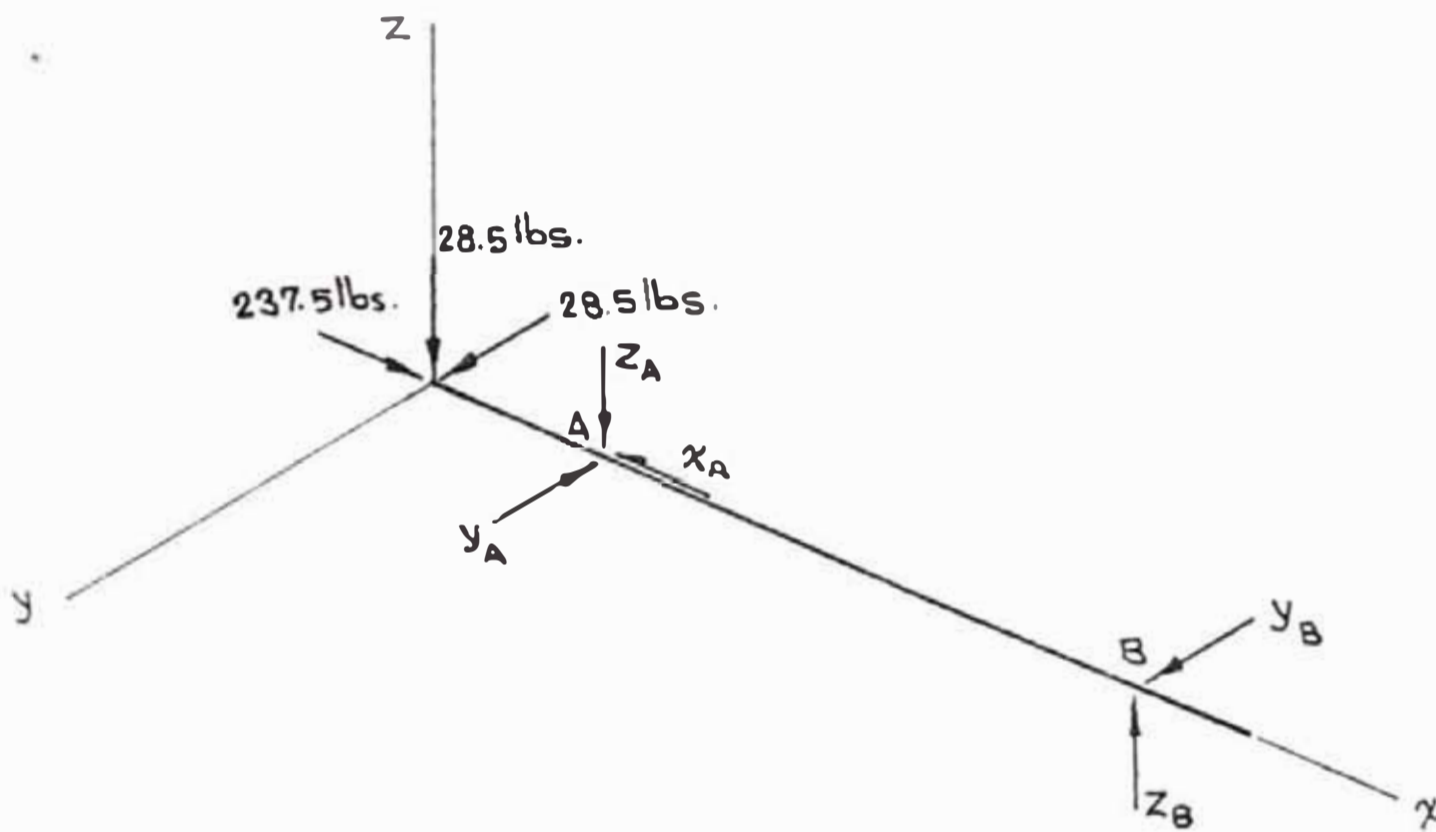
La Deflexión lateral teórica será :

$$\text{teórica} = 0.01 \frac{\text{Pulg.}}{\text{pie}} \times L = 0.01 \frac{\text{Pulg.}}{12 \text{ Pulg.}} \times 17.03 \text{ Pulg.}$$

$$\text{teórica} = 0.0141917 \text{ Pulg}$$

$$\therefore \delta_{\text{real}} = 0.00716576 \text{ Pulg} < \delta_{\text{teórica}} = 0.0141917 \text{ Pulg}$$

SELECCION DE RODAMIENTOS :



Para una duración de 6000 Hrs de los rodamientos que gira a 3,480 RPM.

$$R_A = \sqrt{Z_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{(-14.32)^2 + (41.1)^2} = 43.52 \text{ Lbs} = 0.193 \text{ KN}$$

$$R_B = \sqrt{Z_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{(42.82)^2 + (12.59)^2} = 44.63 \text{ Lbs} = 0.198 \text{ KN}$$

Suponemos que toda la fuerza axial lo toma el rodamiento A

$$F_A = N = 237.5 \text{ Lbs} = 1.06 \text{ KN.}$$

Para la selección del rodamiento A consideramos :

$$F_r = 0.198 \text{ KN}$$

$$F_a = 1.06 \text{ KN}$$

Por la cantidad de estas fuerzas seleccionaremos un rodamiento al contacto angular de dos hileras de bolas.

- Duración en millones de Revoluciones.

$$L = \frac{60 \times n \times L_n}{10^6}$$

$$= \frac{60 \times 3480 \times 6000}{10^6} = 1252.8$$

- Seguridad de carga requerida:

$$C/P = L^{1/p}$$

$$= (1252.6)^{1/3} = 10.78$$

Nota : Exponente $p = 3$, solo para rodamientos rígidos de bolas.

- Relación cargas axial y radial

$$\frac{E_a}{F_r} = \frac{1.06}{0.198} = 5.35$$

- De tabla Nº 6 podemos deducir : $\frac{E_a}{F_r} > e$ y se tendrán :

$$\text{Para series 32,33 : } x = 0.62 , \quad y = 1.17$$

$$\text{Para series 330 : } x = 0.54 , \quad y = 0.81$$

- Cargas Equivalentes :

Para las series 32,33 :

$$F = 0.62 \times 0.198 + 1.17 \times 1.06 = 1.36296 \text{ KN}$$

Para la serie 330 :

$$F = 0.54 \times 0.198 + 0.81 \times 1.06 = 0.96552 \text{ KN}$$

- Capacidad de carga dinámica requerida :

Para las series 32,33 :

$$C = 10.78 \times 1.36296 = 14.693 \text{ KN}$$

Para la serie 330 :

$$C = 10.78 \times 0.96552 = 10.41 \text{ KN}$$

- De tabla de rodam. seleccionamos para un eje de $\varnothing=25\text{mm}$.

Nº de Rodam.	d	D	C	Co	RPM MAX	
					Grasa	Aceite
3205	25	52	17	13.40	13.40	8000
3305	25	62	26	19.40	19.40	7500
3305D	25	62	22.80	16.60	16.60	7500

Selección del Rodamiento en B :

$$R_B = \sqrt{Z_B^2 + Y_B^2} = \sqrt{(42.82)^2 + (12.59)^2}$$

$$= 44.63 \text{ Lbs} = 0.198 \text{ KN.}$$

Suponemos que toda la fuerza axial es tomada por el rodamiento A.

- Duración en millones de revoluciones :

$$L = \frac{60 \times n \times L_n}{10^6}$$

$$= \frac{60 \times 3480 \times 6000}{10^6} = 1252.8$$

- Seguridad de carga requerida

$$C/P = L^{1/3}$$

$$= (1252.8)^{1/3} = 10.78$$

- Relación de carga axial y radial

$$\frac{E_a}{F_r} = \frac{0}{0.198} = 0$$

- Considerando $\frac{E_a}{F_r} \leq e$; se requeriría que $e \geq 0$

$$\implies X = 1, Y = 0.$$

La carga equivalente sera:

$$P = F_r = 0.198 \text{ KN.}$$

Capacidad de carga dinámica

$$C = 10.78 \times 0.198 = 2.134 \text{ KN.}$$

- Considerando $\frac{E_a}{F_r} > e \implies$ se requerira $e < 0$ (no existe)

Luego seleccionamos un rodamiento con $C > 2.134 \text{ Kn.}$

No Rod.	d	D	B	C	Co	RPM MAX	
						Grasa	Aceite
61805	25	37	7.0	2.28	1.70	17,000	20,000

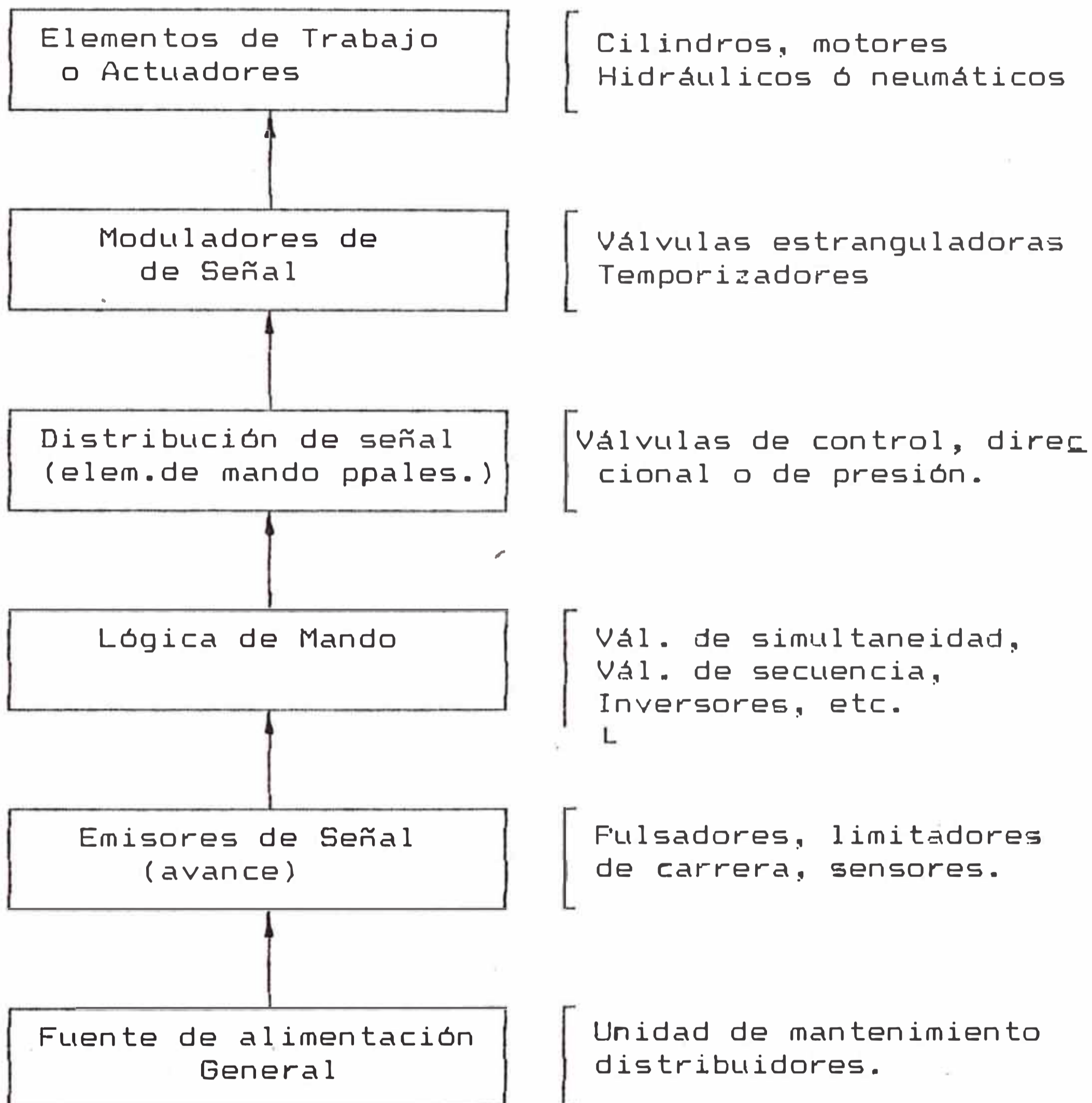
SELECCION DEL ACOPLAMIENTO EJE - MOTOR :

Usaremos acoplamientos de cruceta flexible "Renold"

- Potencia nominal : 3.6 Kw = 4.89 Hp
- De la figura N^o 3 para 4.89 Hp y 3480 RPM se tendrá un acoplamiento 644803
- De la tabla de dimensiones, se tiene :
 - Diámetro Mínimo = 16 mm.
 - Diámetro Máximo = 24 mm.
- Pero como nuestro diámetro de eje es 25 mm. ==> usamos el acoplamiento N^o 644804 de dimensiones.
 - Diámetro Mínimo = 20 mm.
 - Diámetro Máximo = 30 mm.
- Este acoplamiento se cumple con nuestros requerimientos.

5.2 DISEÑO DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Para el diseño de un esquema o circuito neumático se debe tener la siguiente secuencia o flujo energético y flujo de las señales:



Para nuestra máquina necesitamos 3 cilindros neumáticos : dos cilindros de doble efecto y uno de

simple efecto, según la figura donde se indican los componentes de la máquina.

El cilindro Nº 9 de simple efecto con silenciador se utiliza para el control de presión contra el fondo de la poza del lavadero de acero inoxidable ($p=1 - a - 2$ barr, se usa 1.4 barr).

El cilindro Nº 8 de doble efecto se utiliza para levantar o bajar la estación sumergible con el eje pulidor y ejercer presión hacia el piso de la poza del lavadero.

El cilindro Nº 5 de doble efecto sirve tanto para la oscilación cuando se utiliza el accesorio de campana para el pulido del fondo de la poza; como para ejercer presión contra las paredes laterales (se cambia el circuito neumático) cuando se pulen estas.

Se usará dos válvulas electromagnéticas 5/2 para control de los cilindros 5 y 8 respectivamente. En estas mismas válvulas 5/2 se instalarán válvulas reguladoras de caudal para el control de velocidad de los cilindros indicados.

Se utilizará 2 válvulas reguladoras de presión para los cilindros 5 y 9. El aire comprimido va al cilindro Nº 8 directamente de la línea de alimentación (aprox. 4 bar).

Se utiliza una unidad de mantenimiento que contiene filtro separador de agua y lubricador.

El esquema o circuito neumático es el que se muestra en el siguiente plano cuando se usa para pulir el fondo de la poza con la escobilla en el accesorio tipo campana y su modificación (acoplamiento rápidos "a", "b" y "c"). Cuando se usa el cilindro Nº 5 para ejercer presión sobre las paredes laterales cuando se pulen éstas.

5.3 CALCULO Y SELECCION DE LOS COMPONENTES NEUMATICOS

Observando el plano N^o 1, de la estación sumergible se nota que habra 3 reacciones: 2 en los pivotes y otra en el eje del costado del motor.

Considerando:

$$W_{\text{motor}} = 33.3 \text{ Kg.}$$

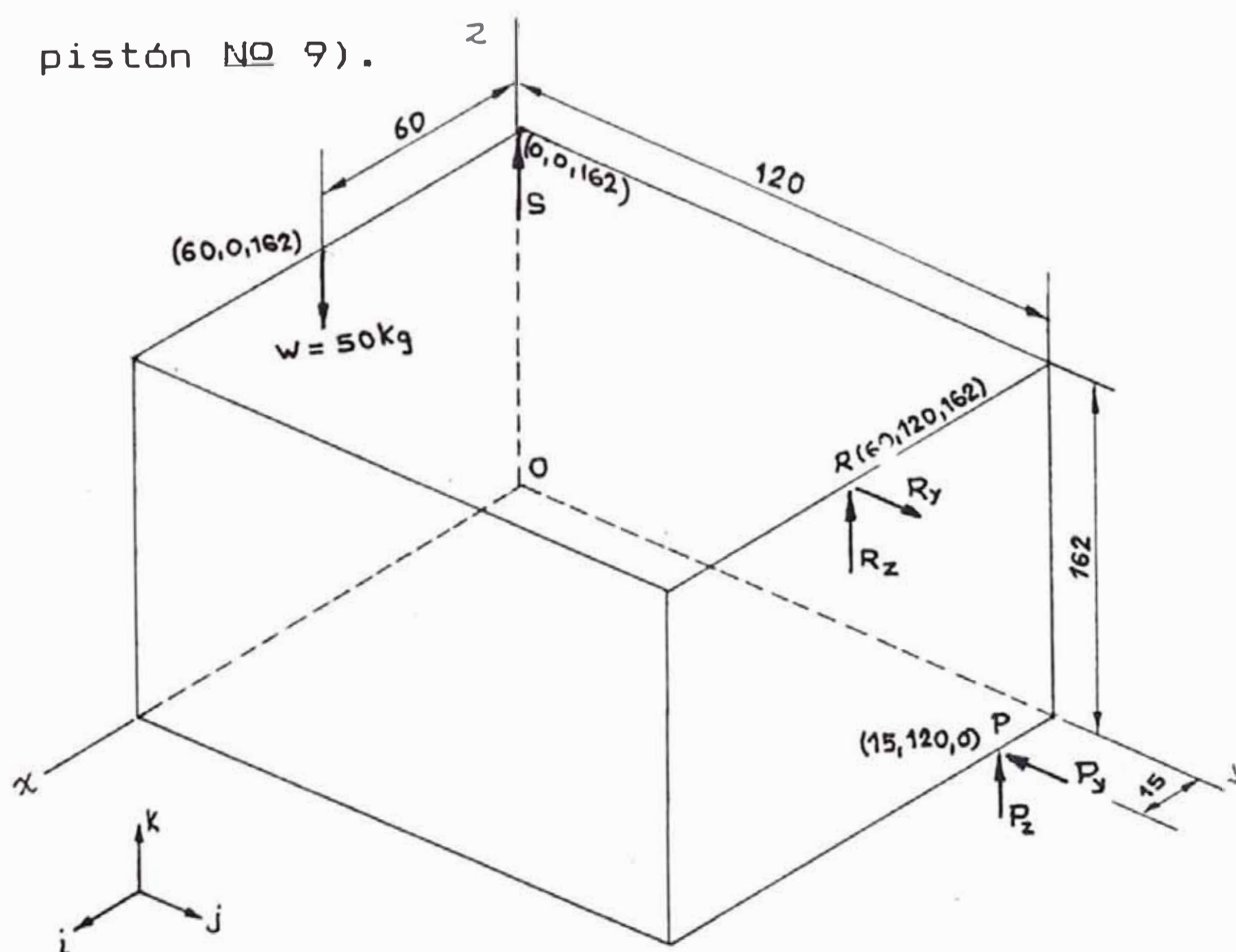
$$W(\text{eje pulido} + \text{Guarda} + \text{Demás accesorios}) \approx 16.7 \text{ Kg.}$$

$$\implies W_{\text{total}} = W \approx 50 \text{ Kg.}$$

Hay que notar que las fuerzas estan distribuidas en el espacio, y para nuestros cálculos de las fuerzas consideraremos dos posiciones de la estación sumergible, como se muestra en el plano de la siguiente página:

Tener en cuenta que el cilindro N^o 9 no actua para nada en la posición alta.

A.- Posición Alta Estática. (No actua el cilindro-pistón N^o 9).



$$\Sigma F_x = 0 : R_x + F_x + S_x = 50 \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 : R_y = F_y \dots\dots\dots (2)$$

Σ Momentos respecto a PR (P \rightarrow R)

$$\bar{n}_1 = \frac{45i + 162k}{\sqrt{(45)^2 + (162)^2}} = \frac{45i + 162k}{\sqrt{\dots\dots\dots}}$$

$$\bar{r}_1 = 45i - 120j + 162k$$

$$\bar{r}_2 = -15i - 120j + 162k$$

$$\implies \bar{r}_1 \times \bar{W} \cdot \bar{n}_1 + \bar{r}_2 \times \bar{S} \cdot \bar{n}_1 = 0$$

$$[(45i - 120j + 162k) \times 50(-k)] \cdot \frac{45i + 162k}{\sqrt{\dots\dots\dots}} + [(-15i$$

$$-120j + 162k) \times S_z k] \cdot \frac{45i + 162k}{\sqrt{\dots\dots\dots}} = 0$$

$$[2250j - 6000(-i)](45i + 162k) + [-15S_z(-j) - 120S_z i] \cdot (45i + 162k) = 0$$

$$-270,000(-1) - 5400 S_z = 0 \implies \underline{S_z = 50 \text{ Kg.}}$$

Σ Momentos respecto a OP (O \rightarrow P)

$$\bar{n}_2 = \frac{15i + 120j}{\sqrt{(15)^2 + (120)^2}} = \frac{15i + 120j}{\sqrt{\dots\dots\dots}}$$

$$\bar{r}_1 = 60i + 162k$$

$$\bar{r}_2 = 162k$$

$$\bar{r}_3 = 60i + 120j + 162k$$

$$\implies \bar{r}_1 \times \bar{W} \cdot \bar{n}_2 + \bar{r}_2 \times \bar{S} \cdot \bar{n}_2 + \bar{r}_3 \times \bar{R} \cdot \bar{n}_2 = 0$$

$$[(60i + 162k) \times 50(-k)] \cdot \frac{15i + 120j}{\sqrt{\dots\dots\dots}} + 162k \times S_z(-k) \cdot \frac{15i + 120j}{\sqrt{\dots\dots\dots}}$$

$$+ (60i + 120j + 162k) \times (R_z k + R_y j) \cdot \frac{15i + 120j}{\sqrt{\dots\dots\dots}} = 0$$

$$[3000j] \cdot (15i + 120j) + 0 + [60R_z(-j) + 60R_y k + 120R_z i + 162R_y(-i)] \cdot (15i + 120j) = 0$$

$$360,000 - 7200R_z + 1800R_z - 2430R_y - 0$$

$$5400R_z + 2430R_y = 360,000$$

$$90R_z + 40.5R_y = 6,000 \quad \dots\dots(3)$$

Σ Momentos respecto a OR (O \rightarrow R)

$$n_s = \frac{15i + 120j + 162k}{\sqrt{(60)^2 + (120)^2 + (162)^2}} = \frac{60i + 120j + 162k}{\sqrt{\quad}}$$

$$\vec{r}_1 = 60i + 162k$$

$$\vec{r}_2 = 162k$$

$$\vec{r}_3 = 15i + 120j$$

$$\implies \vec{r}_1 \times \vec{w} \cdot \vec{n}_s + \vec{r}_2 \times \vec{s} \cdot \vec{n}_s + \vec{r}_3 \times \vec{p} \cdot \vec{n}_s = 0$$

$$\implies [(60i + 162k) \times 50(-k)] \cdot (60i + 120j + 162k) + [15i + 120j] \times (F_y(-j) + F_z k) \cdot (60i + 120j + 162k) = 0$$

$$\implies 40.5 F_y - 90F_z = 6000 \quad \dots\dots\dots(4)$$

De (1) : Ya que $S_z = 50 \text{ Kg} \implies R_z = F_z$

Ademas : $R_y = F_y$

$$\implies \text{En (4) : } 40.5R_y - 90R_z = 6000 \quad \dots\dots\dots(4')$$

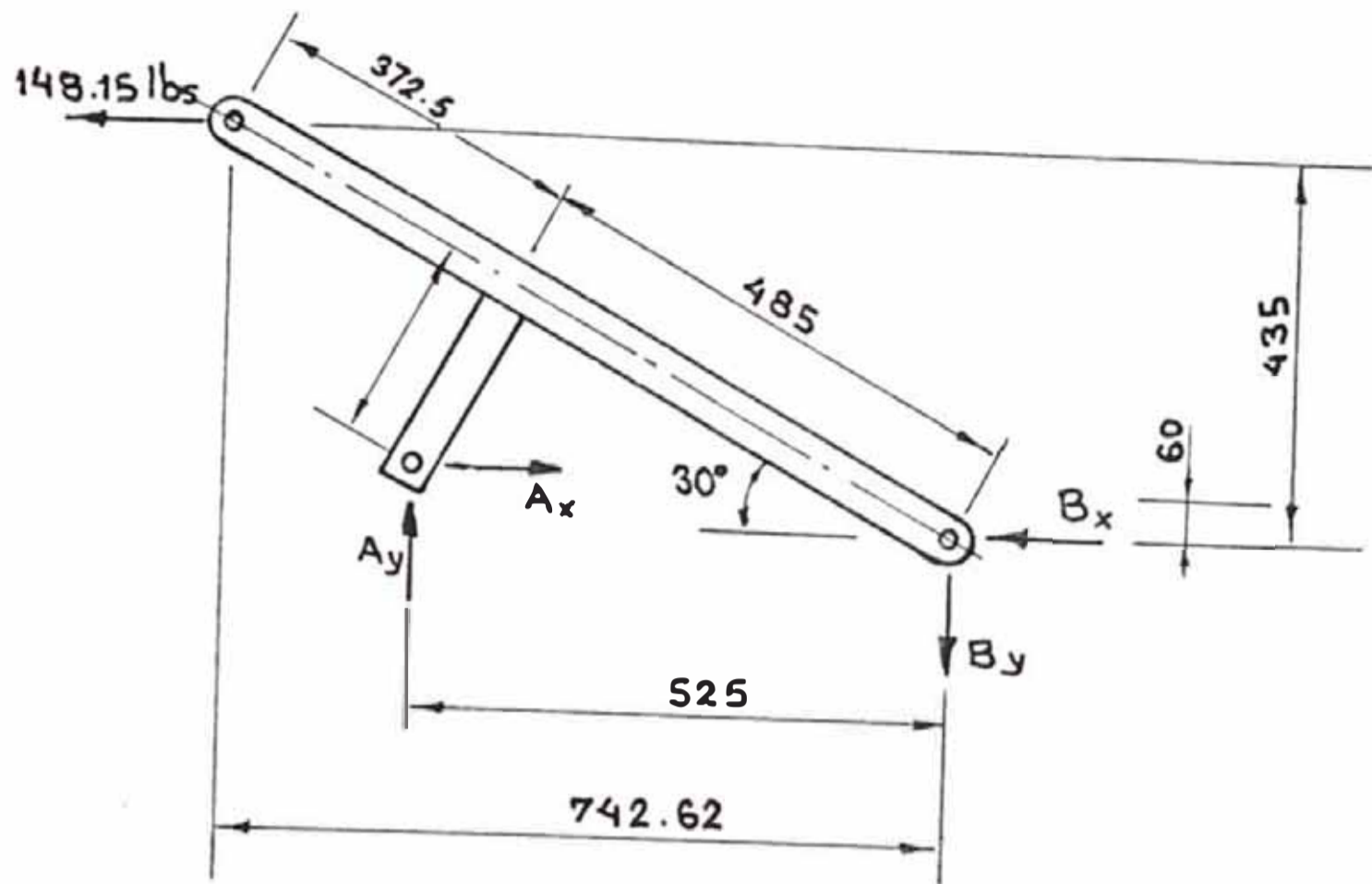
De (3) + (4') : $81 R_y = 12,000$

$$\implies \underline{R_y = F_y = 148.15 \text{ Kg.}}$$

De (4') : $40.5 (148.15) - 90 R_z = 6000$

$$\implies \underline{R_z = F_z \approx 0}$$

Euerzas en el Brazo (nº 7)

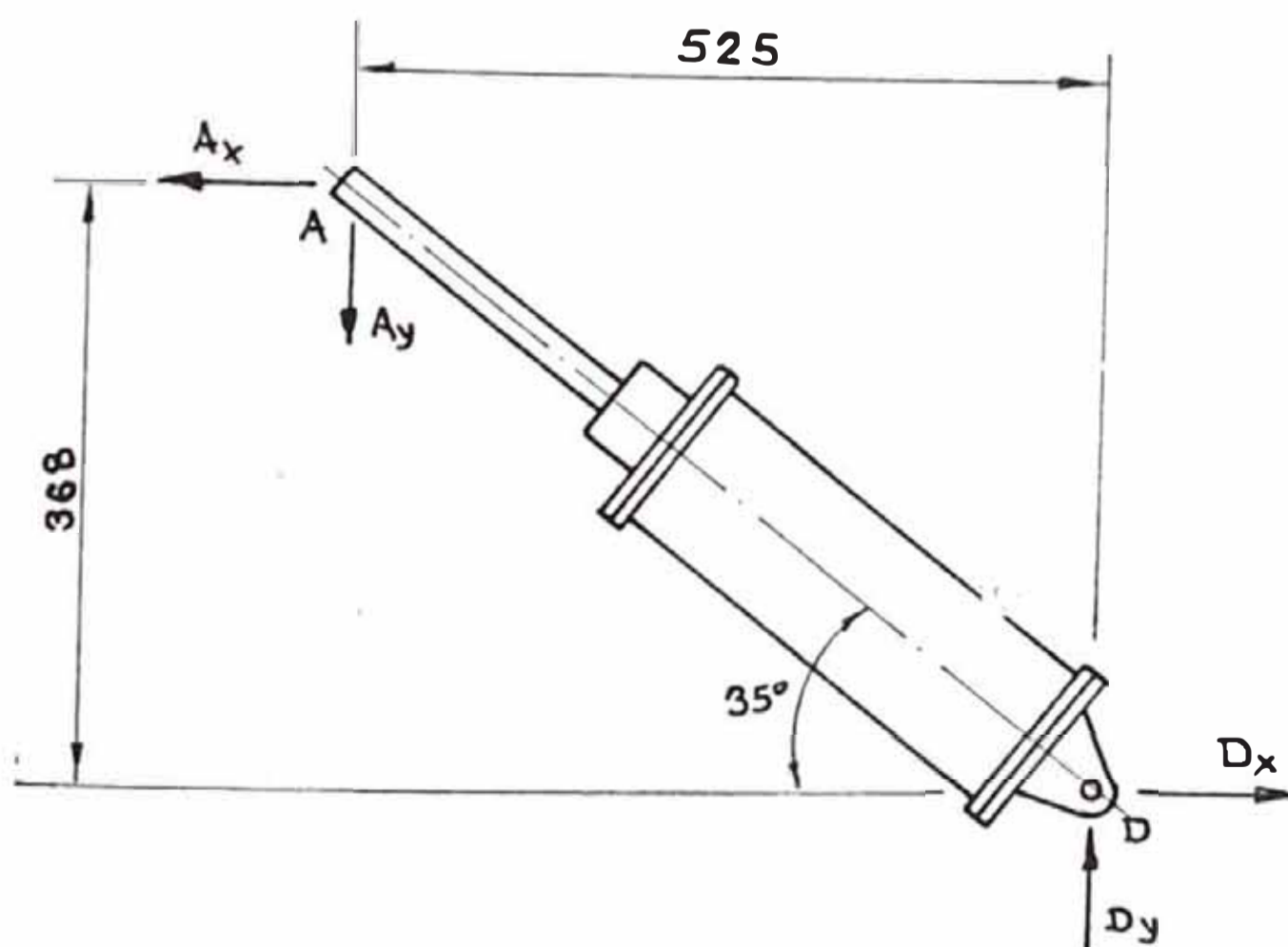


$$\Sigma F_x = 0 : A_x - B_x = 148.15 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 : A_y - B_y = 0 \implies A_y = B_y \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\overset{+}{\Sigma} M_B = 0 : 148.15(435) + A_x(60) - A_y(525) = 0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Euerzas en el Cilindro-Pistón (nº 8)



$$\Sigma F_x = 0 : Ax = Dx \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\Sigma F_y = 0 : Ay = Dy \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\Sigma M_D = 0 : Ax(368) + Ay(525) = 0$$

$$\implies Ax = -1.43 Ay \quad \dots\dots\dots (6)$$

(6) en (3) :

$$148.15(435) - 1.43 \times 60Ay - 525Ay = 0$$

$$\implies \underline{Ay = 105.51 \text{ Kg}}$$

De (6) $Ax = -1.43(105.51)$

$$\underline{Ax = -150.88 \text{ Kg}} \quad (\text{cambiamos de sentido})$$

$$\implies \underline{Dx = -150.88 \text{ Kg}} \quad (\text{cambiamos de sentido})$$

También : $\underline{Ay = Dy = 105.51 \text{ Kg} = By}$

De (1) : $Bx = -150.88 - 148.75$

$$\underline{Bx = -299 \text{ Kg.}} \quad (\text{cambiamos de sentido})$$

La Fuerza resultante en A :

$$A_T = \sqrt{Ax^2 + Ay^2} = \sqrt{(150.88)^2 + (105.51)^2}$$

$$\therefore \underline{A_T = 184.11 \text{ Kg.}}$$

B.- POSICION_BAJA_DE_LA_ESTACION_SUMERGIBLE :

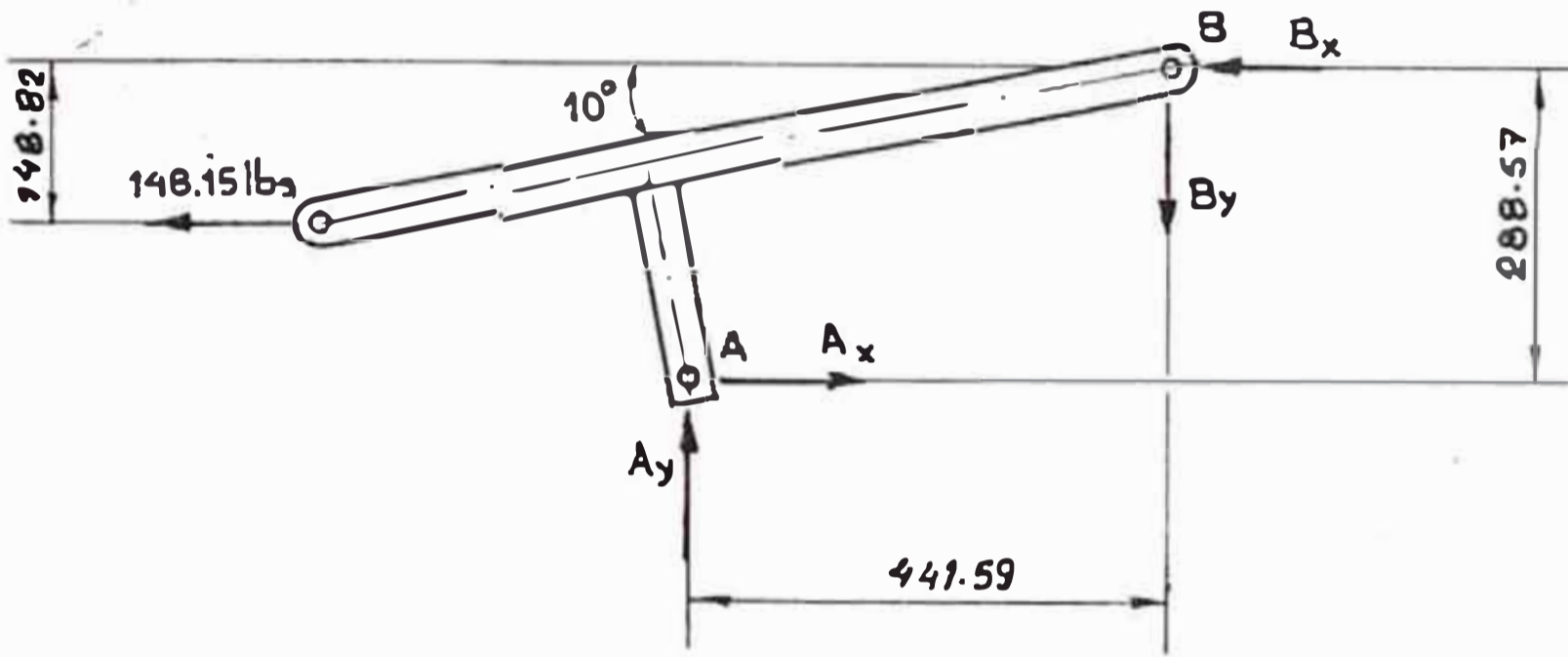
Las fuerzas R_y , R_z , F_y , F_z y S_z son las mismas, luego :

$$R_y = R_y = 148.15 \text{ Kg.}$$

$$R_z = F_z = 0$$

$$S_z = 50 \text{ Kg.}$$

Euerzas en el Brazo (NO 7)

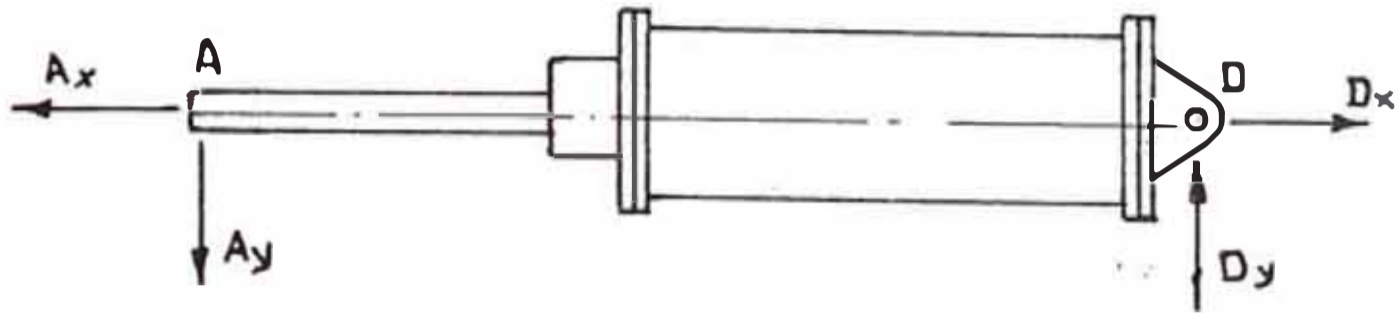


$$\Sigma F_x = 0 : A_x - B_x = 148.15 \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_y = 0 : A_y = B_y \dots\dots\dots (2)$$

$$\Sigma M_B = 0 : -148.15(148.82) - A_y(441.59) + A_x(288.57) = 0 \dots\dots (3)$$

Fuerzas en el Cilindro - Pistón (Nº 8)



$$\Rightarrow \Sigma F_x = 0 : A_x = D_x \quad \dots\dots (4)$$

$$\Sigma F_y = 0 : A_y = D_y \quad \dots\dots (5)$$

$$\Sigma M_D = 0 : \text{No hay}$$

$$\Rightarrow \text{Asumo} : A_y = D_y = 0 \quad \dots\dots (6)$$

$$(6) \text{ en } (3) : 288.57 A_x = 148.15 \quad (148.82)$$

$$\Rightarrow \underline{A_x = 76.4 \text{ Kg} = D_x}$$

De (1) :

$$B_x = A_x - 148.15 = 76.4 - 148.15$$

$$\Rightarrow \underline{B_x = -71.75 \text{ Kg.}} \quad \text{Cambiamos de sentido}$$

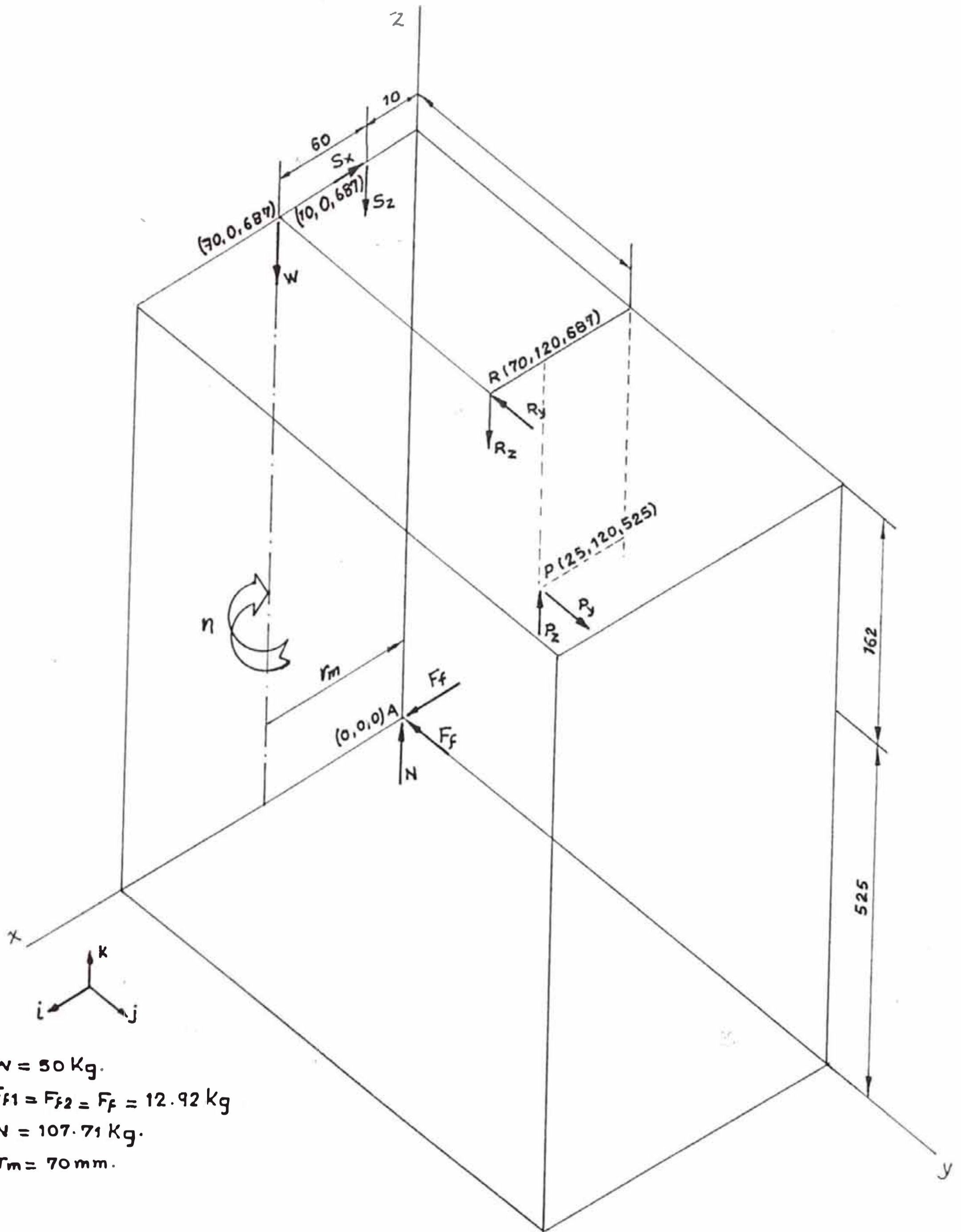
Observamos que las fuerzas (en A), en el vástago del cilindro - pistón Nº 8, son :

$$A \text{ Posición Alta} = 184.11 \text{ Kg.}$$

$$A \text{ Posición Baja} = 76.4 \text{ Kg.}$$

Pero habra que analizar un tercer valor de esta fuerza, cuando la máquina este operando, para deducir el caso más crítico.

C. Posición : Cuando la Máquina esta operando



- $w = 50 \text{ Kg.}$
- $F_{f1} = F_{f2} = F_f = 12.92 \text{ Kg}$
- $N = 107.71 \text{ Kg.}$
- $r_m = 70 \text{ mm.}$

$$\Sigma F_x = 0 : S_x = F_f = 12.92$$

$$\Sigma F_y = 0 : P_y - R_y = 12.92 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\Sigma F_z = 0 : P_z - R_z - S_z + 107.71 = 0$$

$$\implies R_z + S_z - P_z = 57.71 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Σ Momentos respecto a PR (P \rightarrow R)

$$\vec{r}_1 = 25i - 120j - 525k$$

$$\vec{r}_2 = 45i - 120j + 162k$$

$$\vec{r}_3 = -15i - 120j + 162k$$

$$\vec{n}_1 = \frac{45i + 162k}{\sqrt{(45)^2 + (162)^2}} = \frac{45i + 162k}{\sqrt{\quad}}$$

$$\implies \vec{r}_1 \times \vec{A} \cdot \vec{n}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{W} \cdot \vec{n}_1 + \vec{r}_3 \times \vec{S} \cdot \vec{n}_1 = 0$$

$$[(-25i - 120j - 525k) \times (F_r i + F_r (-j) + Nk)] \cdot \frac{45i + 162k}{\sqrt{\quad}} +$$

$$[(45i - 120j + 162k) \times 50(-k)] \cdot \frac{45i + 162k}{\sqrt{\quad}} +$$

$$[(-15i - 120j + 162k) \times (F_r (-i) + S_z (-k))] \cdot \frac{45i + 162k}{\sqrt{\quad}} = 0$$

$$\implies 52,326 + 251,164.8 - 581,634 - 305,235 + 270,000 - 251,164.8 + 5400 S_z = 0$$

$$\implies \underline{S_z = 104.545 \text{ Kg.}}$$

Σ Momentos respecto a SR (S \rightarrow R)

$$\vec{n}_2 = \frac{60i + 120j}{\sqrt{(60)^2 + (120)^2}} = \frac{i + 2j}{\sqrt{5}}$$

$$\vec{r}_1 = 60i$$

$$\vec{F}_2 = -10i - 687k$$

$$\vec{r}_3 = 15i + 120j + 162k$$

$$\implies \vec{r}_1 \times \vec{W} \cdot \vec{n}_2 + \vec{r}_2 \times \vec{A} \cdot \vec{n}_2 + \vec{r}_3 \times \vec{F} \cdot \vec{n}_2 = 0$$

Resolviendo, resulta :

$$162 F_y + 90 F_z = 18,473.92 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Σ Momentos respecto a AR (A R)

$$\vec{n}_3 = \frac{70i + 120j + 687k}{\sqrt{(70)^2 + (120)^2 + (687)^2}}$$

$$\vec{F}_1 = 25i + 120j + 525k$$

$$\vec{r}_2 = 70i + 687k$$

$$\vec{r}_3 = 10i + 687k$$

$$\implies \vec{r}_1 \times \vec{F} \cdot \vec{n}_3 + \vec{r}_2 \times \vec{W} \cdot \vec{n}_3 + \vec{r}_3 \times \vec{S} \cdot \vec{n}_3 = 0$$

Resolviendo, resulta :

$$5,400 F_z - 30,915 F_y = 519,670.8 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Luego:

$$(4) / -60 :$$

$$-90 F_z + 515.25 F_y = -8,661.17 \quad \dots\dots\dots (4')$$

De (3) :

$$90 F_z + 162 F_y = 18,473.92 \quad \dots\dots\dots (3)$$

(3) + (4) :

$$677.25 F_y = 9,812.75$$

$$\implies \underline{F_y = 14.49 \text{ Kg}}$$

De (3) :

$$90 F_z = 18,473.92 - 162(14.49)$$

$$\Rightarrow F_z = 179.18 \text{ Kg}$$

De (1) :

$$R_y = P_y - 12.92$$

$$= 14.49 - 12.92$$

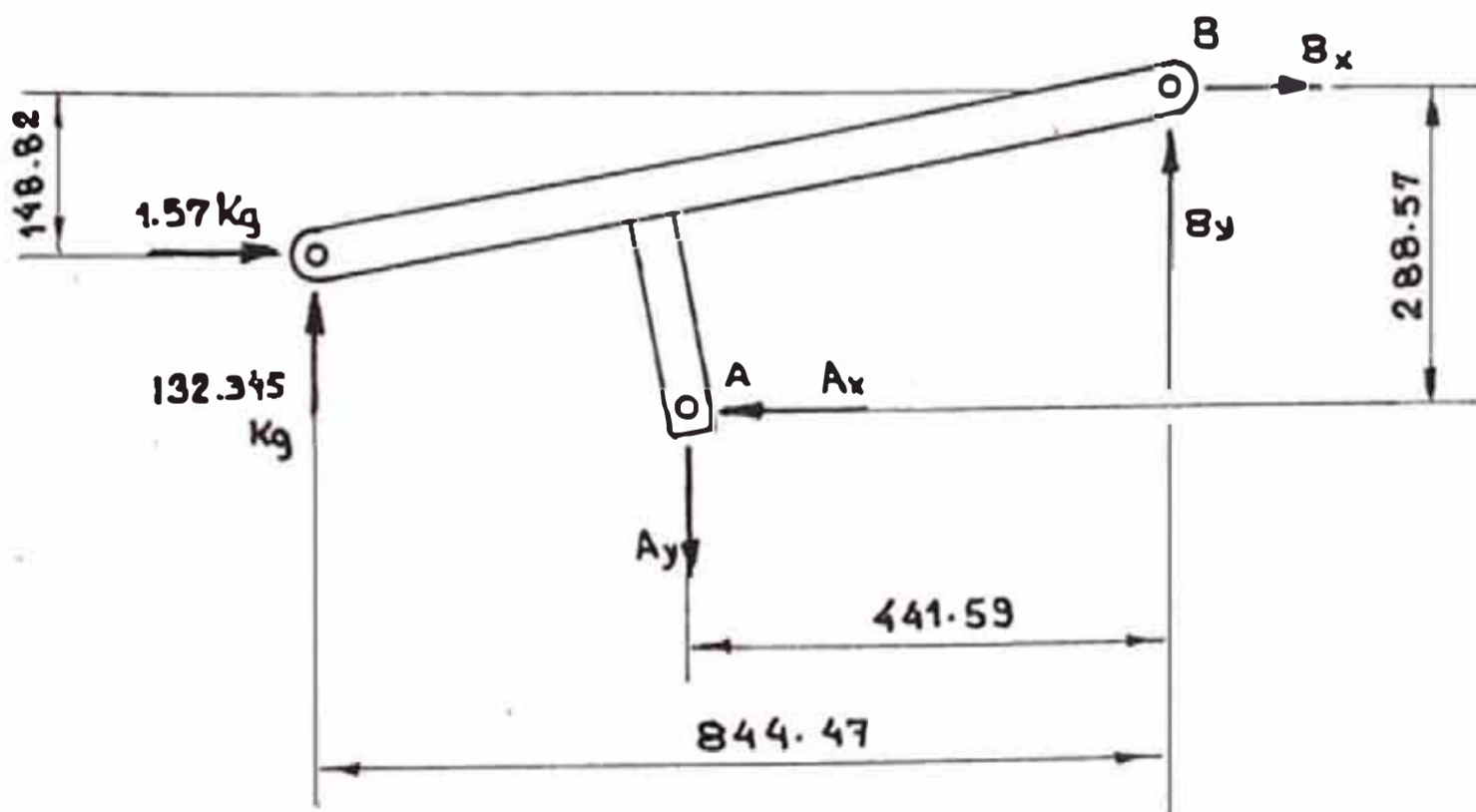
$$\Rightarrow R_y = 1.57 \text{ Kg}$$

De (2) :

$$R_z = 57.71 + 179.18 - 104.545$$

$$\Rightarrow R_z = 132.345 \text{ Kg}$$

Fuerzas en el Brazo (Nº 7)



$$\Sigma F_x = 0 : A_x - B_x = 1.57 \quad \dots \dots \dots (1)$$

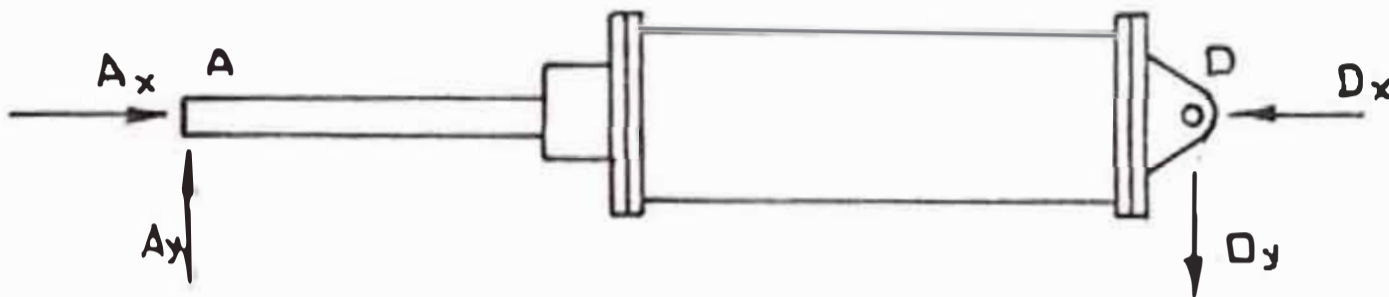
$$\Sigma F_y = 0 : B_y - A_y + 132.345 = 0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\Sigma M_B = 0 : 1.57(148.82) - 132.345(844.47) + 441.59$$

$$A_y - 288.57 A_x = 0$$

$$\Rightarrow 441.59 A_y - 288.57 A_x = 11,527.73 \dots\dots (3)$$

Euerzas en el Cilindro - Pistón (Nº 8)



$$\Sigma F_x = 0 : A_x = D_x \dots\dots (4)$$

$$\Sigma F_y = 0 : A_y = D_y \dots\dots (5)$$

$$\Sigma M_D = 0 : \text{No hay}$$

$$\text{Asumo : } A_y = D_y = 0 \dots\dots (6)$$

(6) en (3) :

$$-288.57 A_x = 11,527.73$$

$$\Rightarrow \underline{A_x = -386.48 \text{ Kg} = D_x} \quad \text{(cambiamos de sentido).}$$

$$\text{De (2) : } \underline{B_y = -132.345 \text{ Kg}} \quad \text{(Cambiamos de sentido)}$$

$$\text{De (1) : } B_x = A_x - 1.57$$

$$= -386.48 - 1.57$$

$Bx = -388 \text{ Kg}$ } (Cambiamos de Sentido)

. . Concluimos que este tercer valor de la fuerza (A) en el Vástago del cilindro-pistón Nº 8 es el más crítico.

Hay que indicar que este tercer valor de $A = 386.48 \text{ Kg}$, se reparte entre los dos vástagos de los cilindros - pistón : Nº 8 y Nº 9, ya que en este caso si actua el cilindro pistón Nº 9 como un controlador de presión hacia el fondo de la poza del lavadero.

El hecho de que el cilindro-pistón Nº 8 reciba el aire comprimido directamente (sin válvula reguladora de presión; después de la unidad de mantenimiento), es porque es necesario una presión tal que pueda levantar y bajar la estación sumergible, y además ejercer cierta presión hacia el fondo de la poza (de hasta 1.8 bar), la cual será controlada por el cilindro-pistón Nº 9.

El cilindro-pistón Nº 8 sólo necesitará una válvula de distribución 5/2 o 4/2 y con válvulas reguladoras de caudal, para regular la velocidad de subida o bajada.

Como el cilindro-pistón NO 9 actúa como controlador de la presión que ejerce el cilindro NO 8, conviene que tenga una carrera pequeña para ejercer la contrapresión y justamente esto se logra agregando una barra de mayor diámetro al vástago y su otro extremo tenga el mismo diámetro para un montaje suelto, al igual que el vástago del cilindro pistón NO 8. Esto se hace tal que cuando se realice el proceso de pulido del fondo de la poza la barra (de mayor diámetro) quede al tope en la barra de montaje de los vástagos, para ejercer la contrapresión mencionada.

La contrapresión mencionada por una válvula reguladora de presión, la cual no tiene un valor fijo, porque esta se da de acuerdo al estado inicial de la superficie. Esta varía de 0 a 1.8 bar; pero mayormente se usa 1.4 bar.

* Cálculo de la presión aproximada para levantar la estación sumergible, asumiendo un diámetro interior del cilindro pistón NO 8 de 10 cm.

A la fuerza necesaria para levantar la estación sumergible hay que agregar el peso propio del perfil y accesorios en aproximadamente 11 Kg.

$$\Rightarrow F = 184.11 + 10 = 195.1 \text{ Kg.}$$

$$\Rightarrow P = \frac{E}{A}$$

$$= \frac{195.1 \text{ Kg}}{\pi(10)^2 \text{ cm}^2} \times 4 \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{(100)^2 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 2.43 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$= 2.43 \text{ bar}$$

Como se recomienda una presión de 1.8 bar como máximo para el proceso de pulido, entonces en línea de alimentación, debemos tener una presión como mínimo de :

$$P_{\text{línea}} = 2.43 + 1.8 = 4.23 \text{ bar}$$

Asumiendo también un diámetro interior del cilindro - pistón N^o 9 de 10 cm, la fuerza que ejercerá será:

$$F = P.A = 1.8 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{\pi(10)^2 \text{ cm}^2}{4} \times \frac{1 \text{ m}^2}{(100)^2 \text{ cm}^2} \times \frac{1 \text{ Kg}}{9.8 \text{ N}}$$

$$F = 144.26 \text{ Kg}$$

Luego la fuerza que realmente ejercerá el cilindro N^o 8 , será :

$$F_A = Ax - 144.26 = 386.48 - 144.26$$

$$F_A = 242.22 \text{ Kg.}$$

SELECCION DE LOS CILINDROS - PISTON NO 8 Y 9 :Cilindro - Pistón NO 8 :

$$F = 242.22 \text{ Kg} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{0.1 \text{ Kp}}{1 \text{ N}} = 237.39 \text{ Kp}$$

Del diagrama presión - fuerza, con una presión de 4 barr el di = 90 mm. (del émbolo).

Como la carrera de este cilindro es aproximadamente 170 mm. entonces del diagrama de pandeo del vástago.

$$d_{\text{vástago}} = 12 \text{ mm.}$$

Con estos datos vamos a la tabla de cilindros de doble efecto serie DC, en la cual seleccionamos el de diámetro de émbolo 100 y diámetro de vástago 22, que es mayor que el previsto, por lo tanto esta bien seleccionado.

Usaremos : Cilindros EC/DC 100 - 170. Con posición final regulable.

Cilindro - Pistón NO 9 :

$$F = 144.26 \text{ Kg} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{0.1 \text{ Kp}}{1 \text{ N}} = 141.35 \text{ Kp}$$

Del diagrama presión - fuerza, con una presión de 1.8 barr di ≈ 100 mm.

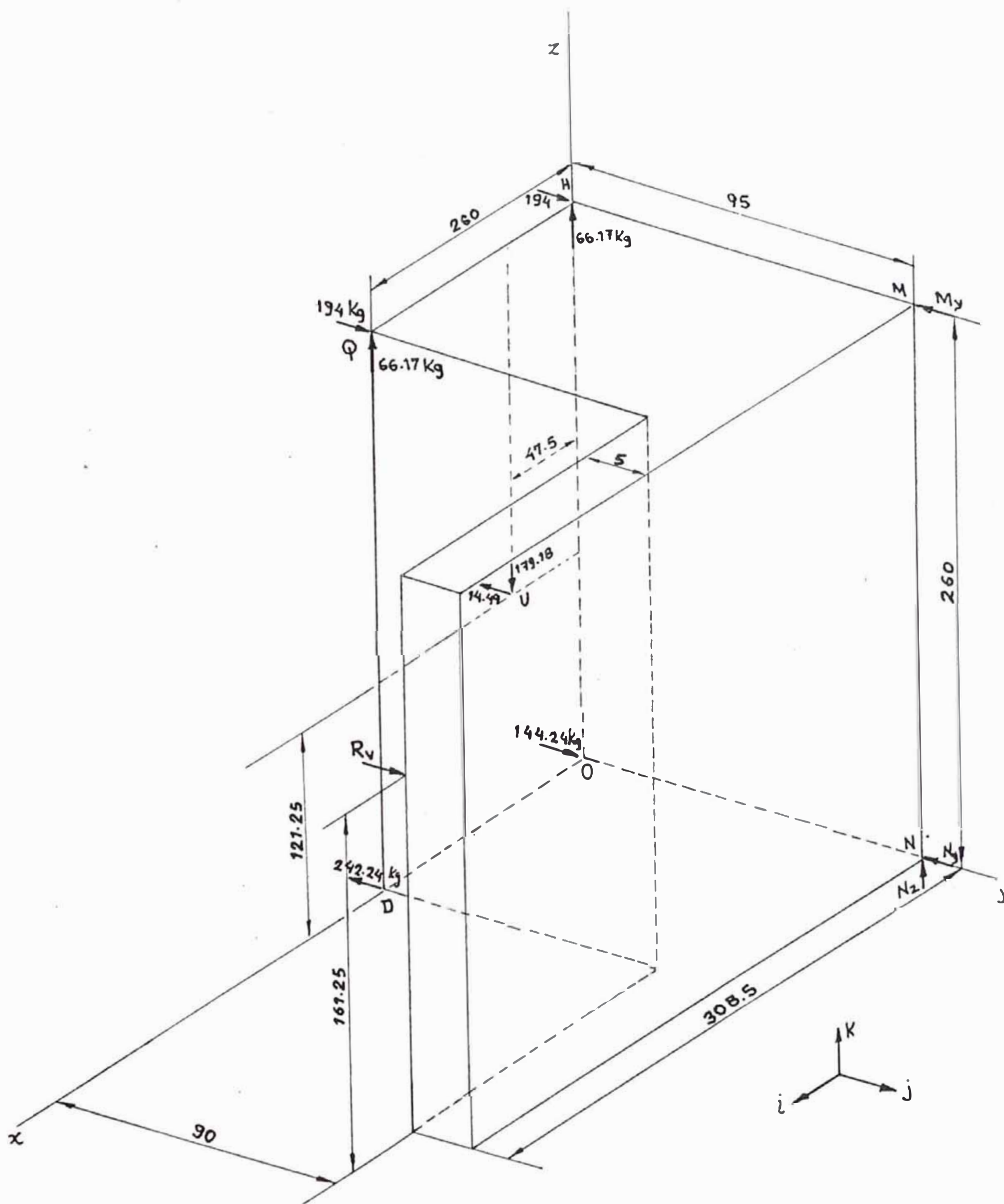
Del diagrama de pandeo del vástago, para una carrera de 30 mm., el φ del vástago sale fuera de la línea.

Usaremos cilindros : AG-100-70, con carrera regulable a 30 mm, de simple efecto.

Cilindro - Pistón Nº 5 :

Habra que calcular la reacción en el vástago, para el caso más crítico. De la sgte. fig.

Posición baja, cuando la Máquina esta en Operación



Σ-Momentos respecto a NM (N_M)

$$\bar{n} = \frac{260 \text{ k}}{\sqrt{(260)^2}} = k$$

$$\bar{r}_1 = 308.5i - 5j + 161.25k$$

$$\bar{r}_2 = 260i - 95j$$

$$\bar{r}_3 = -95j$$

$$\bar{r}_4 = 47.5i - 95j + 121.5k$$

$$\bar{r}_5 = -95j + 260k$$

$$\bar{r}_6 = 260i - 95j + 260k$$

$$\implies \bar{r}_1 \times \bar{R}_v \cdot \bar{n} + \bar{r}_2 \times \bar{D} \cdot \bar{n} + \bar{r}_3 \times \bar{O} \cdot \bar{n} + \bar{r}_4 \times \bar{U} \cdot \bar{n} + \bar{r}_5 \times \bar{H} \cdot \bar{n} + \bar{r}_6 \times \bar{Q} \cdot \bar{n} = 0$$

$$\begin{aligned} & [(308.5i - 5j + 161.25k) \times Rvj] \cdot k + [(260i - 95j) \times 242.24(-j)] \cdot k + \\ & [(-95j) \times (144.24j)] \cdot k + [(47.5i - 95j + 121.5k) \times \\ & (14.49(-j) + 179.18(-k))] \cdot k + [(-95j + 260k) \times \\ & (194j + 66.17k)] \cdot k \\ & + [(260i - 95j + 260k) \times (194j + 66.17k)] \cdot k = 0 \end{aligned}$$

$$\implies 308.5 Rv - 62,982.4 - 688.275 + 50440 = 0$$

$$\implies \underline{Rv = 43 \text{ Kg}}$$

Pero en la ecuación vectorial arriba mostrada observamos que este valor puede variar; ya que si disminuimos la contrapresión que ejerce el cilindro N^o 9, la fuerza que ejerce también bajará y por

ende la fuerza del cilindro Nº 8 aumentará (por ejemplo para un estado inicial de superficie más rugoso que lo común). Es decir en lugar de tener en la ecuación 242.24 Kg. tendremos un mayor valor.

Suponiendo una contrapresión de 0.5 Bar en el cilindro Nº 9, la fuerza que ejercerá será siempre tomándo un diámetro de émbolo de 10 cm.

$$F_{\varphi} = 0.5 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{\pi(10)^2}{4} \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ Kg}}{9.8 \text{ N}} \times \frac{1 \text{ m}^2}{(100)^2 \text{ cm}^2}$$

$$F_{\varphi} = 40.1 \text{ Kg}$$

Luego la fuerza que ejercerá el cilindro Nº 8 será :

$$F_{\theta} = 386.48 - 40.1 = 346.41 \text{ Kg}$$

Reemplazando este valor en lugar de 242.24, en la ecuación vectorial, obtendremos :

$$308.5 R_v - 90,066.6 - 688.275 + 50,440 = 0$$

$$\Rightarrow R_v = 130.68 \text{ Kg}$$

Transformamos a Kp :

$$R_v = 130.68 \text{ Kg} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} \times \frac{0.1 \text{ Kp}}{1 \text{ N}} = 128.1 \text{ Kp}$$

Del-Diagrama-Presión - Fuerza Obtendremos el diámetro del émbolo con $R_v = 128.1 \text{ Kp}$ y $p = 4 \text{ bar} = 4.1 \text{ Kg/cm}^2$

$d > 65 \text{ m} \implies$ Tomamos $d = 70 \text{ mm.}$

Del Diagrama de Pandeo del Vástago

Necesitamos una carrera aprox. 160 mm.

$$F = 128.1 \text{ Kp}$$

Obtenemos d vástago = 10 mm.

De tabla de cilindros de doble efecto serie DC :

Cilindro : EC/DC 70 - 160 (carrera regulable), cuyo $d_{\text{vástago}} = 16 \text{ mm.}$, por lo tanto si soporta esta carrera.

5.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

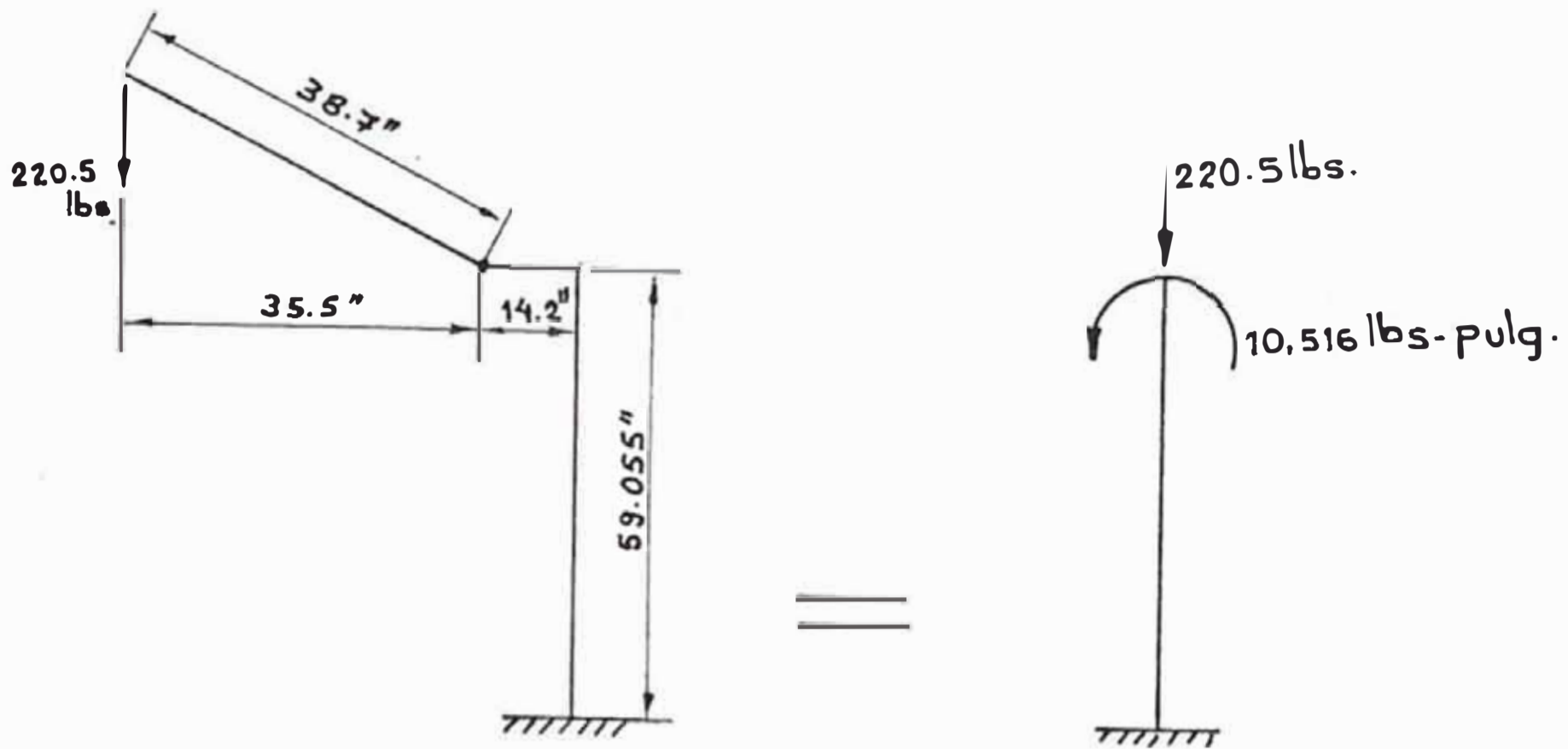
Para el diseño de la estructura soporte de la estación sumergible, considero el peso de éste concentrado en el motor, en las posiciones alta y baja.

A. Posición Alta :

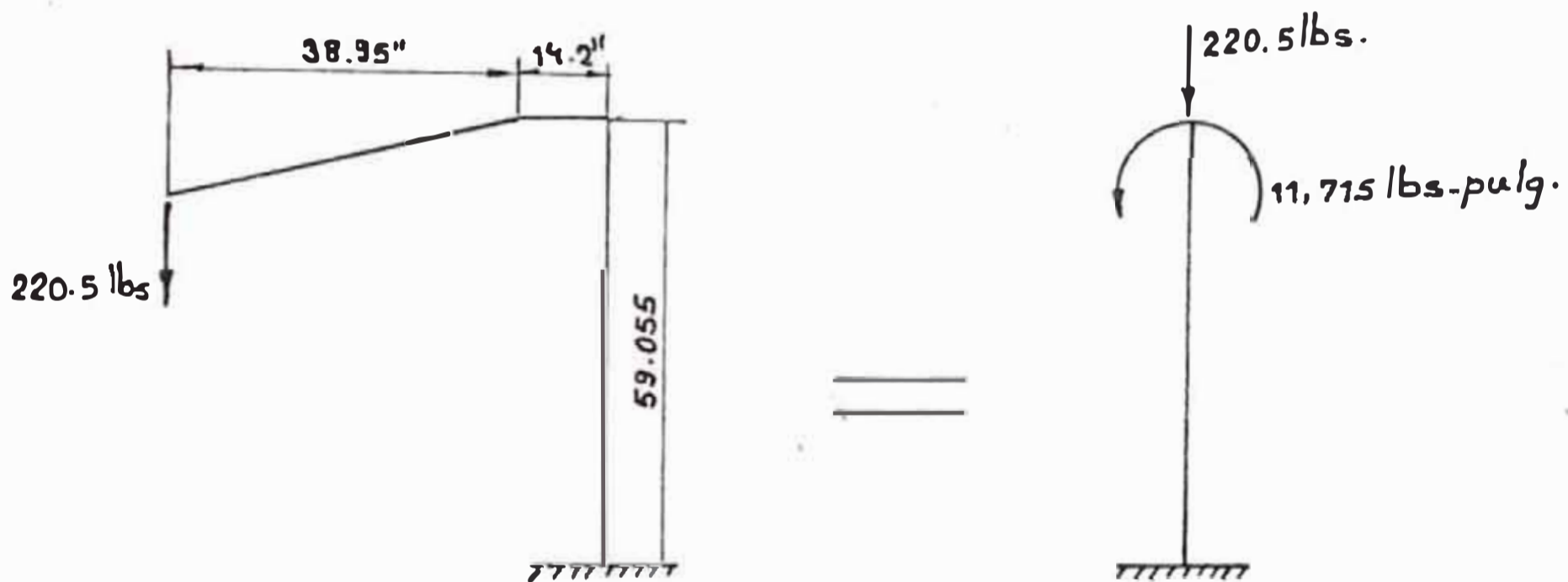
Considerando :

$$W = W_{\text{motor}} + W_{\text{estruct.}} + W_{\text{cilindros}} + W_{\text{otros}} \approx 100 \text{ Kg.}$$

$$W = 100 \text{ Kg} = 220.5 \text{ Lbs.}$$



B. Posición Baja :



Luego para nuestro cálculo usaremos el caso de posición baja.

Seleccionamos un Perfil de Seleccion Cuadrada de
7"x7"x3/16"

Acero : A 36

Esfuerzo de fluencia = $\sigma_y = 36,000$ PSI

Módulo de Elasticidad = $E = 29'000,000$ PSI

Area = 4.96 Pulg²

Momento de Inercia = $I = 37.7$ Pulg⁴

Radio de Giro = $r = 2.76$ Pulg.

Longitud de la columna = $l = 1500$ mm = 59.055 Pulg.

Relación de Esbeltes (Le/r)

Como la parte inferior de la columna va soldada a una plancha, podemos considerarla como empotrada, luego para la longitud efectiva (Le), $K = 2$.

$$Le = kl = 2 \times 59.055 = 118.11 \text{ Pulg.}$$

$$\Rightarrow \frac{Le}{r} = \frac{118.11}{2.76} = 42.79$$

Como $\frac{Le}{r} = 42.79 < Cc = 126.1$ (para acero A36),

entonces utilizaremos la fórmula siguiente para el esfuerzo

normal admisible (σ_{adm}).

$$\sigma_{adm} = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{kl}{r} \right)^2}{2 Cc^2} \right] \sigma_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \times \frac{\frac{kl}{r}}{Cc} - \frac{\left(\frac{kl}{r} \right)^3}{8 Cc^3}}$$

\Rightarrow Reemplazando valores : $\sigma_{adm} = 14,722$ PSI

El esfuerzo de compresión soportado por la columna debido a la carga es:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{220.5 \text{ Lbs}}{4.96 \text{ Pulg}^2} \implies \sigma = 44.46 \text{ FSI}$$

Como $\sigma = 44.46 \text{ FSI} \ll 14,722 \text{ FSI}$

\therefore No Falla.

Esfuerzo Normal Debido al Momento Elector :

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$M = 11,715 \text{ Lb-Pulg.}$$

$$C = 3.5 \text{ Pulg.}$$

$$I = 37.7 \text{ Pulg}^4$$

$$\implies \sigma_N = \frac{11,715 \times 3.5}{37.7} = 1087.59 \text{ FSI}$$

Como $\sigma_N = 1,087.54 \text{ FSI} \ll 14,722 \text{ FSI}$, No Falla.

Seleccionando un perfil de sección cuadrada de 6"x6"x1/4"

Acero : A 36

Esfuerzo de Fluencia = $\sigma_y = 36,000 \text{ PSI}$

Módulo de Elasticidad = $E = 29,000,000 \text{ PSI}$

Area = 5.54 Pulg^2

Momento de Inercia = $I = 29.9 \text{ Pulg}^4$

Radio de Giro = $r = 2.32 \text{ Pulg.}$

Longitud de la columna = $l = 59.055$ Pulg.

Relación de Esbeltes (Le/r)

$$Le = k l = 2 \times 59.055 = 118.11 \text{ Pulg.}$$

$$\Rightarrow \frac{Le}{r} = \frac{118.11}{2.32} = 50.91$$

Como $\frac{Le}{r} = 50.91 < Cc = 126.1$ (para acero A36), usaremos

la fórmula anterior para el esfuerzo admisible (σ_{ADM}).

$$\Rightarrow \sigma_{ADM} = 12,746 \text{ PSI}$$

Esfuerzo de Comprensión soportado por la columna, debido a la carga de 220.5 Lbs.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{220.5}{5.54} = 38.8 \text{ PSI}$$

Como : $\sigma = 38.8 \text{ PSI} \ll \sigma_{ADM} = 12,746 \text{ PSI}$. . No Falla.

Esfuerzo Normal debido al momento flector.

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{11,715 \times 3}{29.9} = 1,175.42 \text{ PSI}$$

Como : $\sigma = 1,175.42 \text{ PSI} \ll 12,746 \text{ PSI}$. . No Falla.

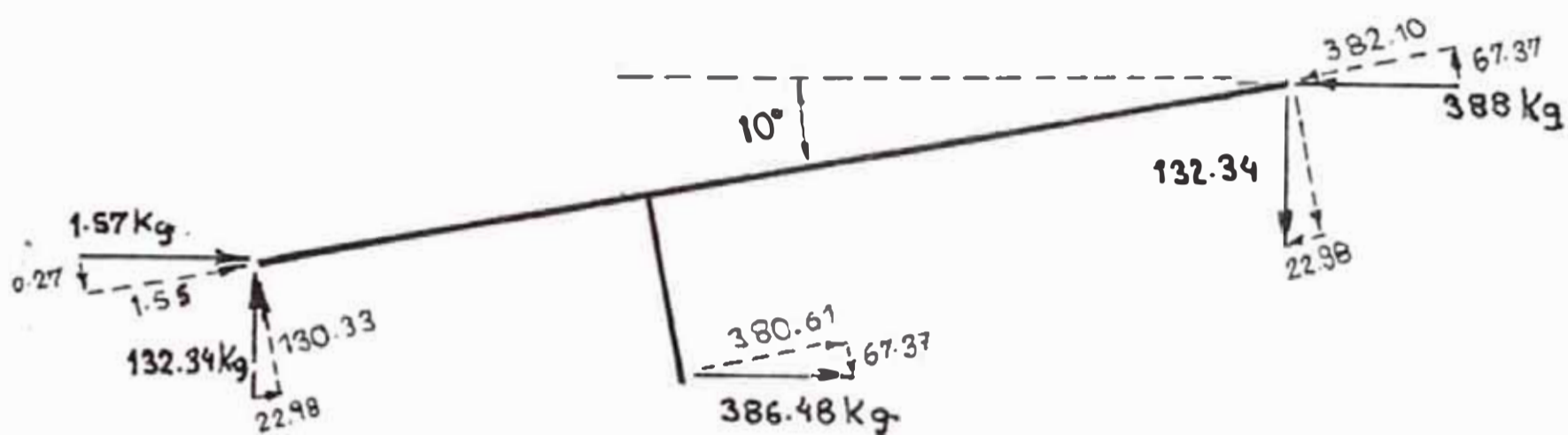
Luego podemos usar, perfil de :

7" x 7" x 3/16" , ó

6" x 6" x 1/4".

Diseño del Brazo (Artículo Nº 7)

La posición del brazo ocurre cuando la máquina esta operando, es decir esta sometido a mayores esfuerzos :



Fuerza de Comprensión = 405.14 Kg = 893.33 Lbs.

Seleccionando Un Perfil de 2" x 2" x 3/16"

Acero : A 36

Esfuerzo de fluencia = $\sigma_y = 36,000$ PSI

Módulo de Elasticidad = $E = 29,000,000$ PSI

Area = 1.27 Pulg²

Momento de Inercia = $I = 0.668$ Pulg⁴

Radio de Giro = $r = 0.726$ Pulg.

Longitud de la columna = $l = 33.76$ Pulg.

Relación de Esbeltes (Le/r)

Le = Longitud Efectiva de la columna

$$Le = k l \quad ; \quad k = 2$$

$$\Rightarrow Le = 2 \times 33.76 = 67.52 \text{ Pulg.}$$

$$\Rightarrow \frac{Le}{r} = \frac{67.52}{0.726} = 93$$

Como $\frac{Le}{r} = 93 < Cc = 126.1$ (para acero A36), utilizamos la

siguiente fórmula para el esfuerzo normal admisible. (σ_{Adm}).

$$\sigma_{ADM} = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}{2 Cc^2} \right] \cdot \sigma_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \times \frac{\frac{KL}{r}}{Cc} - \frac{\left(\frac{KL}{r} \right)^4}{8 Cc^4}}$$

$$\Rightarrow \text{Reemplazando valores : } \sigma_{ADM} = 13,844.79 \text{ PSI}$$

El esfuerzo soportado por el perfil es:

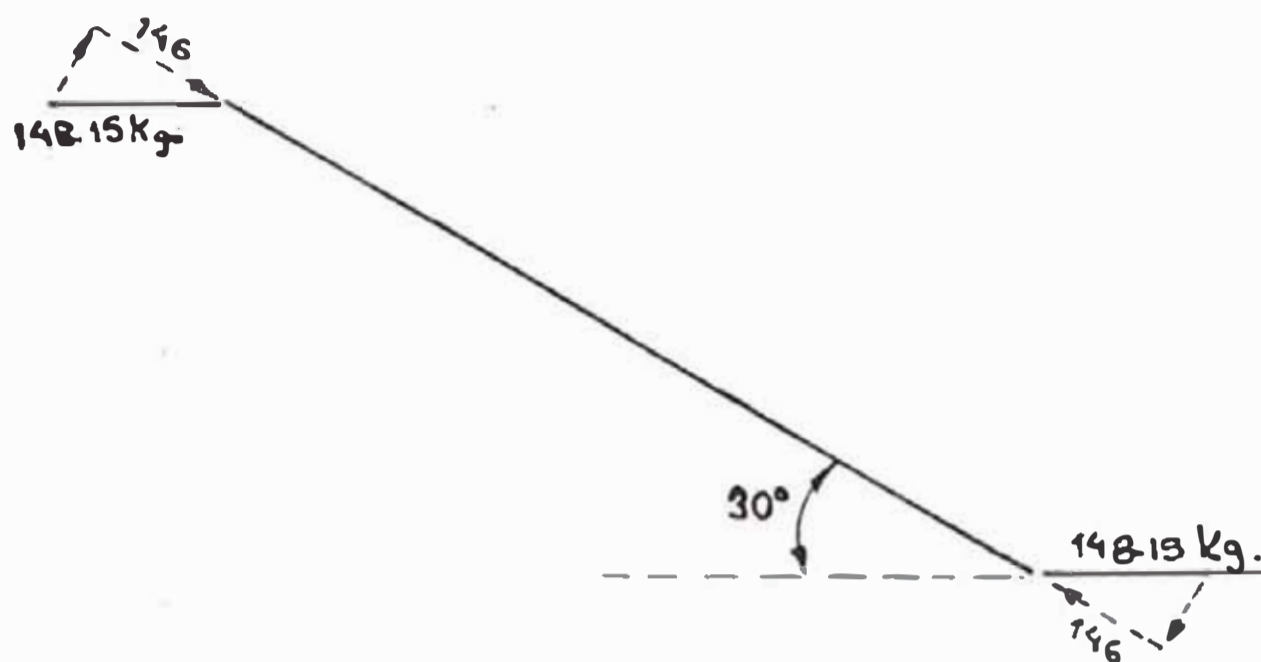
$$\sigma = \frac{893.33 \text{ Lbs}}{127 \text{ Pulg}^2} = 703.41 \text{ PSI}$$

$$\text{Como } \sigma = 703.41 \text{ PSI} \ll \sigma_{ADM} = 13,844.79 \text{ PSI}$$

∴ No Falla

Diseño de la Barra de Sección Circular (Artículo Nº 5)

Su estado más crítico es cuando la máquina esta en su posición alta.



Fuerza de Comprensión = 146 Kg = 321.93 Lbs.

Seleccionando una Barra de 1" \varnothing

Acero : ASTM - Grado 60

Esfuerzo de fluencia = $\sigma_y = 42.2 \text{ MPa} = 6,125.79 \text{ PSI}$

Diámetro = 1 Pulg.

Area = 0.7854 Pulg²

Esfuerzo que soporta la Barra :

$$\sigma = \frac{321.93 \text{ Lb}}{0.7854 \text{ Pulg}^2} = 409.61 \text{ PSI}$$

Para un factor de seguridad igual a 2, el esfuerzo admisible será :

Para 10 RPM : $D_p = 44 \text{ mm.}$

Tomando un módulo : $m = 2.5$

$$\Rightarrow D_p = m \times 21 = 2.5 \times 21 = 52.5 \text{ mm.}$$

$$\Rightarrow D_g = m \times 66 = 2.5 \times 66 = 215 \text{ mm.}$$

Ancho del flanco del diente (F)

Recomendación : $8m \leq F \leq 12.5 m.$

Límite : $6.3 m \leq F \leq 19 m.$

Tomo : $F = 16m = 16 \times 2.5 = 40 \text{ mm.}$

POTENCIA QUE PUEDE TRANSMITIR EN FIGON

$$P = 6.98 \times 10^{-7} \left[\frac{D_p \cdot n_p \cdot K_L \cdot K_v \cdot J_p \cdot m \cdot F \cdot S_{ae}}{K_o \cdot K_s \cdot K_m \cdot K_t \cdot K_R} \right] \quad \text{Cv ó Hp}$$

$K_c =$ Factor de vida = 1 Tabla 15

$K_v =$ Factor dinámico = 0.99 Fig.1

$J_p =$ Factor geométrico = 0.34 Fig.4

$K_o =$ Factor de sobrecarga = 1 Tabla 9

$K_s =$ Factor de tamaño = 1 Fig.106

$K_m =$ Factor de distribución de carga = 1.1 ... Tabla 11

$K_t =$ Factor de temperatura = 1 Pg. 109

$K_R =$ Factor de seguridad = 1 Tabla 16

$$\Rightarrow P = 6.98 \times 10^{-7} \left[\frac{52.5 \times 10 \times 1 \times 0.99 \times 0.34 \times 2.5 \times 40 \times 36}{1 \times 1 \times 1.1 \times 1 \times 1} \right]$$

$$\Rightarrow P = 0.4036 \text{ HP} > 0.339 \text{ HP} \quad \therefore \text{No Falla.}$$

POTENCIA QUE PUEDE TRANSMITIR EL ENGRANAJE

$$P_g = F_p \left(\frac{S_{utg}}{S_{atp}} \right) \left(\frac{J_g}{J_p} \right)$$

$$P = 0.4036 \left(\frac{33}{36} \right) \left(\frac{0.43}{0.34} \right)$$

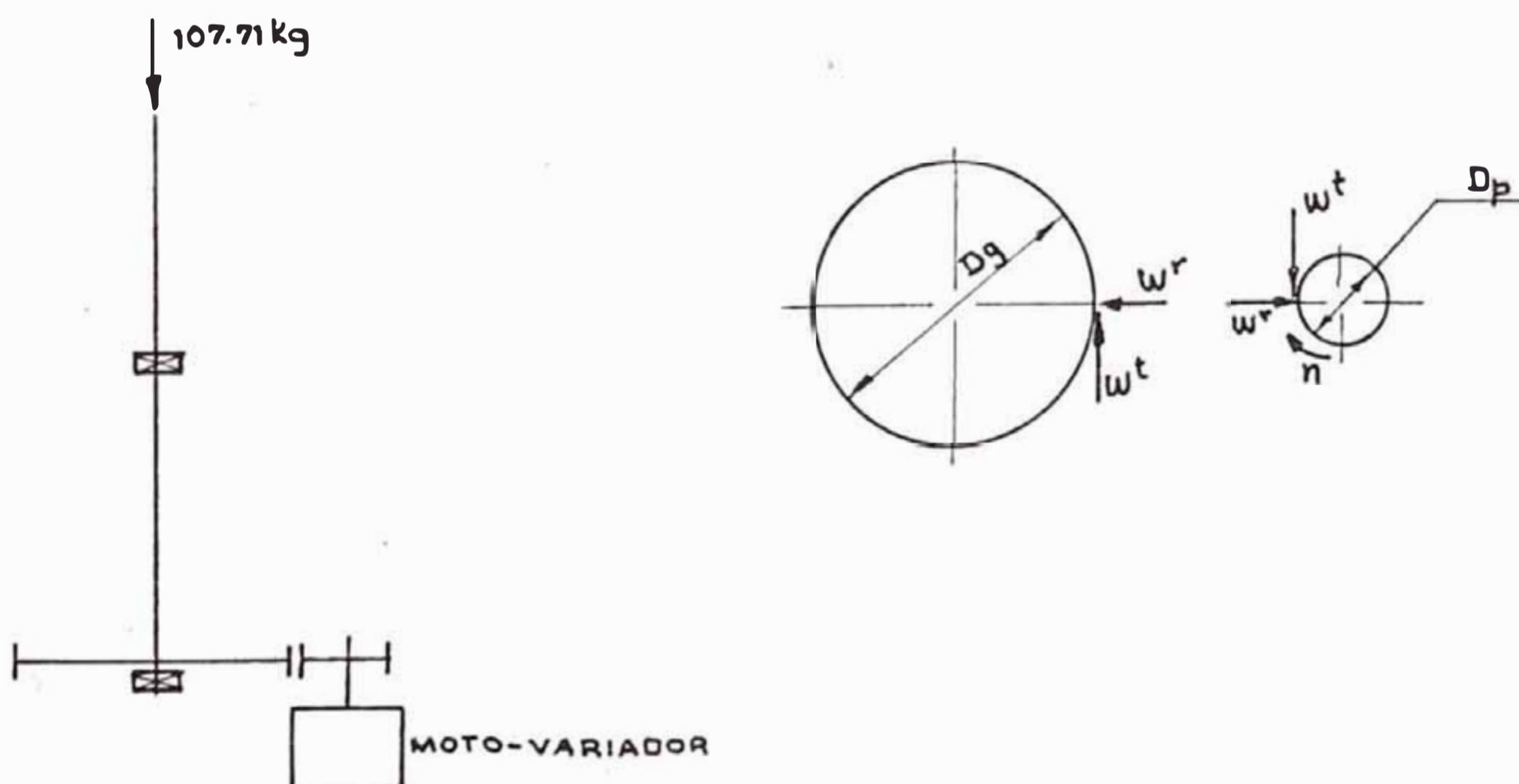
$$P = 0.4426 \text{ HP} > 0.339 \text{ HP} \quad \therefore \text{No Falla.}$$

Por lo tanto usamos :

Fiñón : $Z_p = 21$; $D_p = 52.5 \text{ mm}$.

Engranaje : $Z_g = 86$; $D_g = 215 \text{ mm}$.

Diseño del eje :



Torque :

$$P_{(HP)} = \frac{T \text{ (N-mm)} \quad n \text{ (RPM)}}{7'121,000}$$

$$n = 3 \text{ RPM.}$$

$$P = 0.339 \text{ HP}$$

$$\text{Reemplazando : } T_p = 7,128 \text{ lb-pulg.}$$

Fuerza Tangencial (Wt)

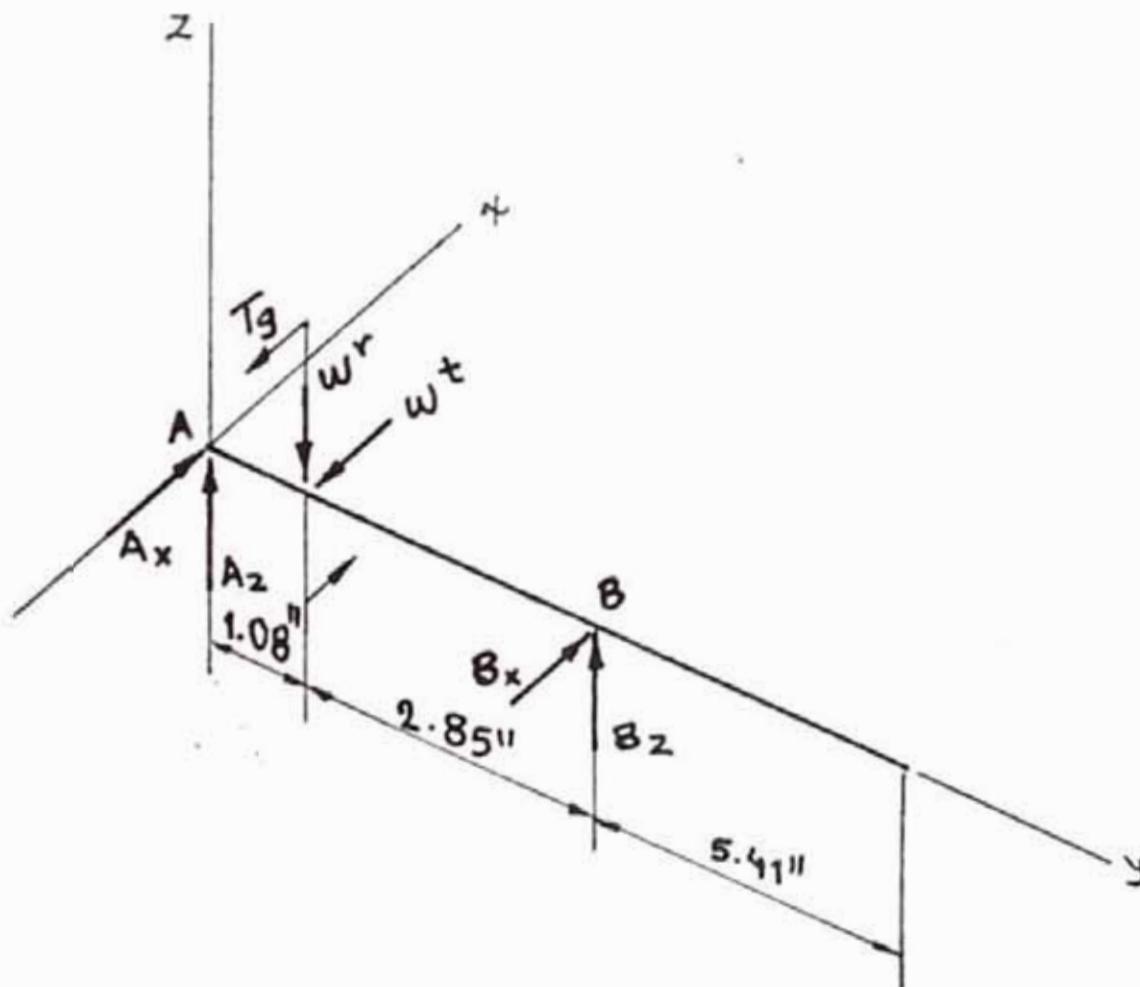
$$T_p = W^t \cdot \frac{D_p}{2} \quad \Rightarrow \quad W^t = 6897 \text{ lbs.}$$

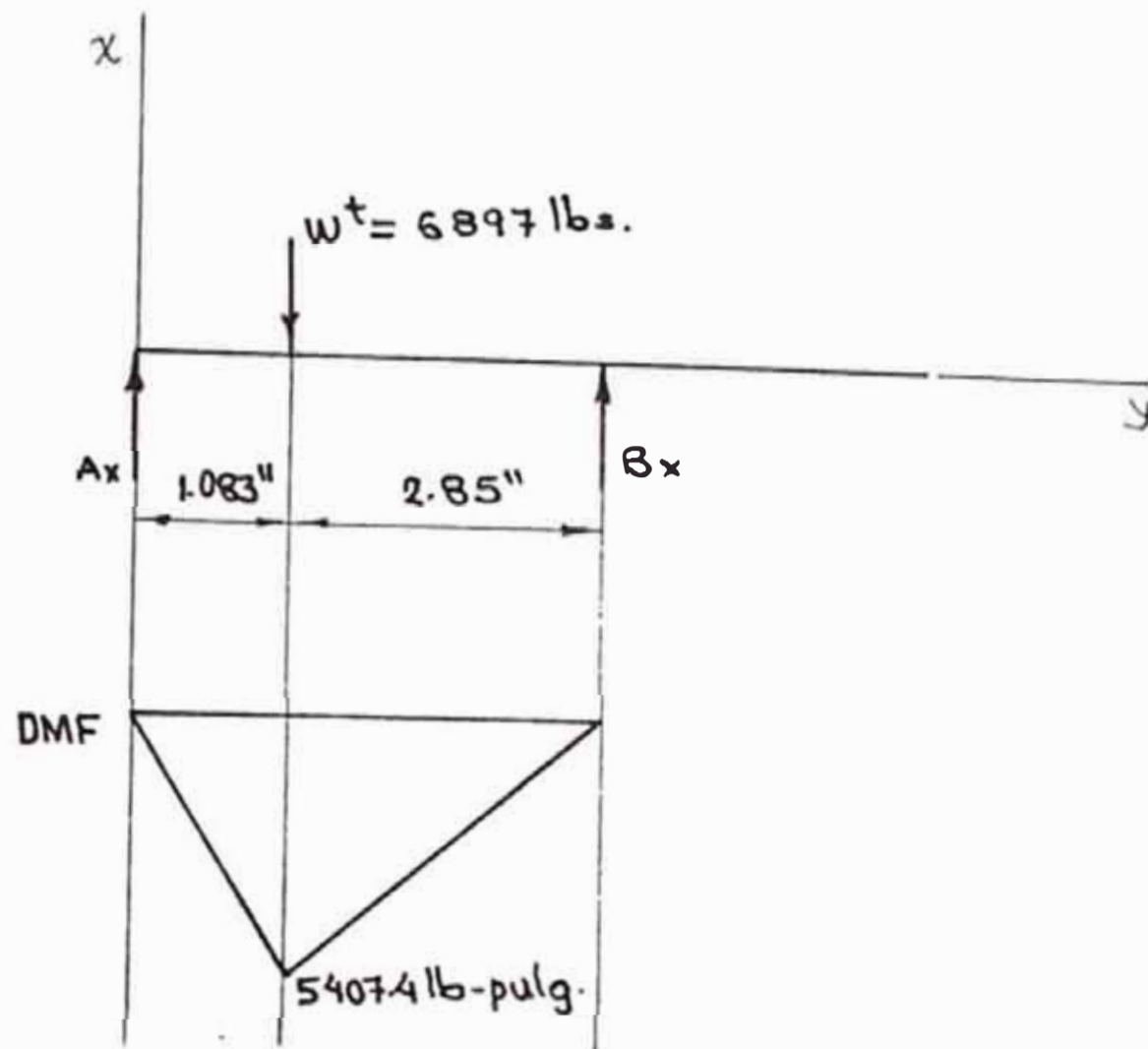
Fuerza radial (Wr)

$$W^r = W^t \cdot \frac{D_p}{2} \quad \Rightarrow \quad W^r = 1,784 \text{ lbs.}$$

Torque en el engranaje :

$$T_g = W^t \cdot \frac{D_g}{2} = (6897) \cdot \frac{(215)}{2} = 29,190 \text{ lb-pulg.}$$



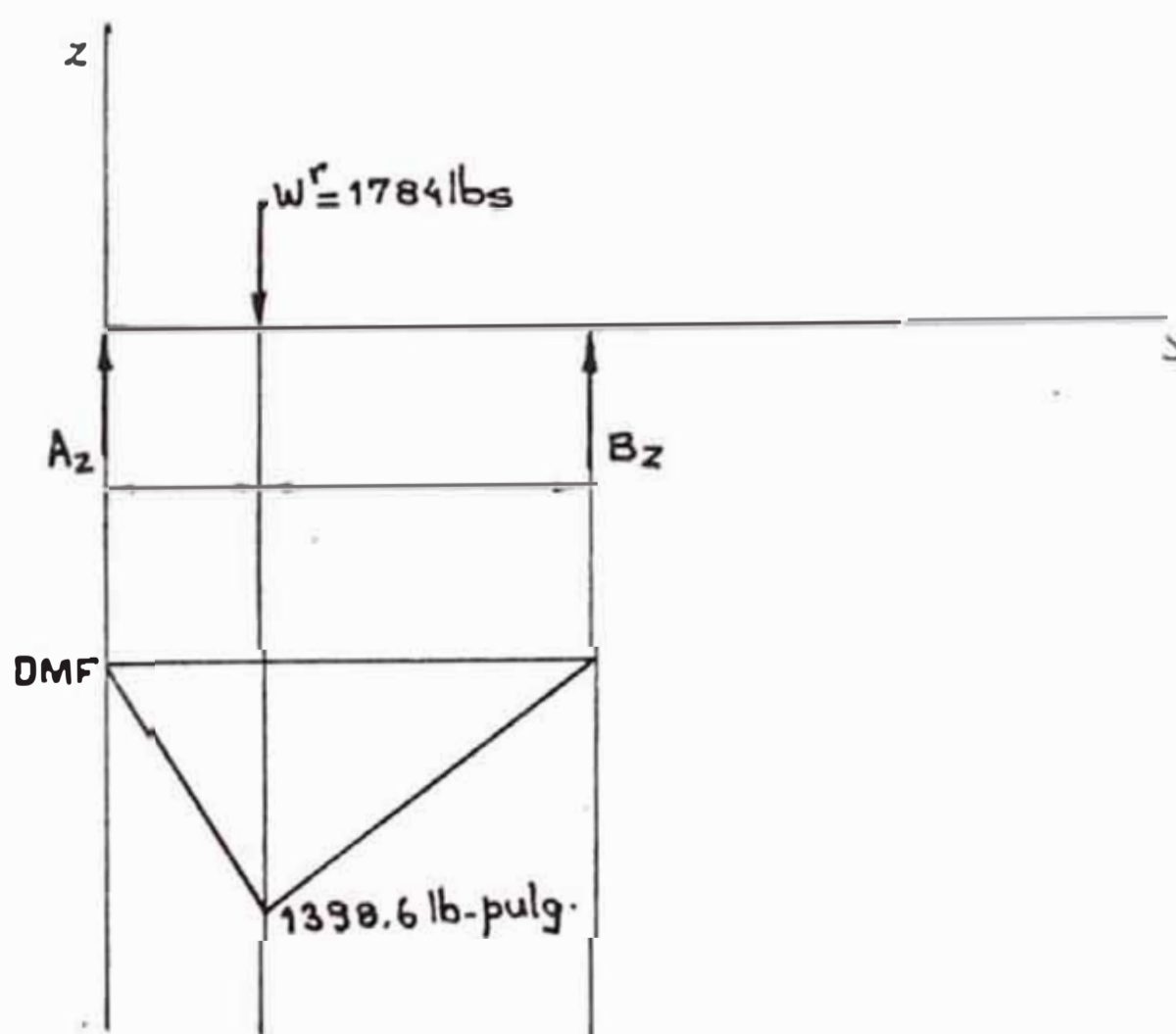
PLANO XY

$$\Sigma F_x = 0 : A_x + B_x = 6897 \quad \dots\dots (1)$$

$$\Sigma M_B = 0 : -A_x(3.977) + 6897(2.85) = 0$$

$$\implies A_x = 4993 \text{ lbs.}$$

$$\text{De (1) : } B_x = 1904 \text{ lbs.}$$

PLANO ZY

$$\Sigma F_z = 0 : Az + Bz = 1784 \quad \dots\dots (1)$$

$$\Sigma M_B = 0 : -Az(3.977) + 1784(2.85) = 0$$

$$\implies Az = 1291.4 \text{ lbs.}$$

$$\text{De (1) : } Bz = 492.6 \text{ lbs.}$$

MOMENTO FLECTOR RESULTANTE :

$$M = (5407.4)^2 + (1398.6)^2 = 5585.3 \text{ lb-pulg.}$$

$$\text{Torque} = T = 29,190 \text{ lb-pulg.}$$

Para Acero SAE o AISI 41 42

$$S_y = 99,580 \text{ PSI}$$

$$S_u = 128,032 \text{ PSI}$$

$$S_s = 0.3 S_y = 29,874 \text{ PSI}$$

$$S_s = 0.18 S_u = 23,046 \text{ PSI}$$

$$\left. \begin{array}{l} S_s = 0.3 S_y = 29,874 \text{ PSI} \\ S_s = 0.18 S_u = 23,046 \text{ PSI} \end{array} \right\} \text{ Tomo } S_s = 23,046 \text{ PSI}$$

Corrección por Chavetero :

$$S_s' = 0.75 S_s = 0.75 \times 23,046 = 17,284 \text{ PSI}$$

$$\text{Luego : } d^3 = \frac{16}{\pi S_s'} \left[(C_M \times M)^2 + (C_T \times T)^2 \right]^{1/2}$$

$$C_m = 1.5$$

$$C_T = 1.0$$

Reemplazando datos : $d = 2.076$

Tomamos diámetro estandarizado : $d = 2 \frac{1}{8}$ "

Comprobación :

$$S_s = \frac{16}{\pi d^3} \left[\left(\frac{\alpha \times F_a}{8} + C_m \times M \right)^2 + (C_T \times T)^2 \right]^{1/2}$$

Cálculo de α :

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044 (L/K)} \quad \dots \text{ para } \frac{L}{K} \leq 115$$

$$\alpha = \frac{S_y}{n \pi^2 E} \left[\frac{L}{K} \right]^2 \quad \dots \text{ para } \frac{L}{K} > 115$$

$$K = \text{Radio de giro} = \frac{(I/A)^{1/2}}{4} = \frac{d}{4}$$

$$K = \frac{2 \frac{1}{8}}{4} = 0.53125$$

$$L = 9.35 \text{ Pulg.}$$

$$\Rightarrow \frac{L}{K} = \frac{9.35}{0.53125} = 17.59$$

$$\Rightarrow a = \frac{1}{1 - 0.0044(17.59)} = 1.084$$

$$F_a = \text{Fuerza Axial} = 107.71 \text{ Kg.} = 237.5 \text{ Lbs.}$$

$$\Rightarrow S_s = \frac{16}{\pi(2.125)^3} \left[\left(\frac{1.084 \times 237.5}{8} + 1.5 \times 5585 \right)^2 + (1 \times 29,190)^2 \right]^{1/2}$$

$$\Rightarrow S_s = 16,123 \text{ FSI} < 17,284 \text{ FSI} \quad \therefore \text{No Falla}$$

Las demas verificaciones se hace en forma semejante al del eje pulidor.

CALCULO DE LAS CHAYETAS :

A.- Chaveta plana del piñón :

$$d_{\text{eje}} = 1''$$

$$P = 0.339 \text{ HP}$$

$$n = 3 \text{ RPM.}$$

De tabla 1, Pag. 220 : Para $d = 1''$ se tiene :

Ancho = $w = 5/16$ pulg. ; Altura = $h = 1/4$ Pulg. ; $L = ?$

$$T = \frac{63,000 \times 0.339}{3} = 7,119 \text{ lbs-pulg.}$$

$$S_y = 71,129 \text{ PSI}$$

$$L = \frac{2T}{S_s W D} \dots\dots \text{For corte} \dots\dots S_s = 0.4 S_y$$

$$L = \frac{4T}{S_s h D} \dots\dots \text{For Aplastamiento} \dots\dots S_s = 0.9 S_y$$

De los dos valores se toma el mayor.

$$L = \frac{2 \times 7119}{0.4 \times 71,129 \times 0.3125 \times 1} = 1.6 \text{ Pulg.}$$

$$L = \frac{4 \times 7119}{0.9 \times 71,129 \times 0.25 \times 1} = 1.78 \text{ Pulg.}$$

Usaremos chaveta : 5/16" x 1/4" x 2"

Acero SAE 10.45 EHH Bonificado.

B.- Chaveta plana para el engranaje :

$$d = 2 \frac{1}{8} \text{ pulg.} ; S_y = 71,129 \text{ PSI}$$

$$P = 0.33 \text{ HP}$$

$$n = 0.73 \text{ RPM.}$$

De tabla 1, Pág. 220 :

$$\text{Para } d = 2 \frac{1}{8} \text{ ; } W = \frac{1}{2} \text{ ; } h = \frac{3}{8} \text{ ; } L = ?$$

$$\text{Ancho} = W = \frac{5}{16} \text{ pulg. ; Altura} = h = \frac{1}{4} \text{ Pulg. ; } L = ?$$

$$T = \frac{63,000 \times 0.339}{0.73} = 29,256 \text{ lbs-pulg.}$$

$$L = \frac{2 \times 29,256}{0.4 \times 71,129 \times 0.5 \times 2.125} = 1.93 \text{ Fulg.}$$

$$L = \frac{4 \times 29,256}{0.9 \times 71,129 \times 0.375 \times 2.125} = 2.29 \text{ Fulg.}$$

Usaremos chaveta : 1/2" x 3/8" x 2"

Acero SAE 1045 EHH Bonificado.

Selección de los Rodamientos :

Dado que la fuerza axial es absorbida por los tornillos de ajuste o prisioneros, luego los rodamientos estan sometidos sólo a cargas radiales.

Rodamiento en A :

$$Fr = [(Ax^2 + az^2)]^{1/2} = [(4993)^2 + (1291.4)^2]^{1/2}$$

$$n = 0.73 \text{ RPM} = 22.9 \text{ Kn}$$

$$d = 40 \text{ mm.}$$

Lh = Horas de funcionamiento = 10,000

- Duración en millones de revoluciones.

$$\begin{aligned} L &= 60 \times 10^{-6} \cdot n \cdot Lh \\ &= 60 \times 10^{-6} \times 0.73 \times 10,000 \\ &= 0.438 \end{aligned}$$

- Seguridad de carga :

$$C/P = L^{1/p}$$

Para rodamientos rígidos de bolas $p = 3$

$$C/P = (0.438)^{1/3} = 0.76$$

- Relación carga axial y radial

$$F_a/F_r = 0/22.9 = 0$$

- Considerando $F_a/F_r \leq e \implies$ se requiere que $e > 0$

$$\implies X = 1, Y = 0.$$

La carga equivalente sera :

$$P = F_r = 22.9 \text{ Kn.}$$

La capacidad de carga dinámica es :

$$C = 0.76 \times 22.9 = 17.4 \text{ Kn.}$$

De la tabla de rodamientos rígidos de bolas
seleccionamos:

Rod. 6208 2 Z con $d = 40 \text{ mm.}$ y $C = 23.60 \text{ Kn.}$

Como $C_{(6208)} = 23.60 \text{ Kn} > 17.04 \text{ Kn}$. . Esta bien.

Rodamiento en B :

$$F_r = [B_x^2 + B_z^2]^{1/2} = [(1094)^2 + (492.6)^2]^{1/2} = 8.7 \text{ Kn}$$

$$n = 0.73 \text{ RPM.}$$

$$d = 50 \text{ mm.}$$

$$L_h = \text{Duración en horas} = 10,000$$

- Duración en millones de revoluciones.

$$L = 60 \times 10^{-6} \times n \times L_h$$

$$\begin{aligned} L &= 60 \times 10^{-6} \times 0.73 \times 10,000 \\ &= 0.438 \end{aligned}$$

- Seguridad de carga.

$$C/P = L^{1/3}$$

$$= (0.438)^{1/3} = 0.76$$

- Relación carga axial y radial

$$F_a/F_r = 0$$

- Considerando : $F_a/F_r \leq e$, \Rightarrow se requiere que $e > 0$,

$$\text{Luego } X = 1, Y = 0$$

La carga equivalente será :

$$P = F_r = 8.7 \text{ Kn.}$$

La capacidad de carga dinámica es :

$$C = 0.76 \times 8.7 = 6.6 \text{ Kn.}$$

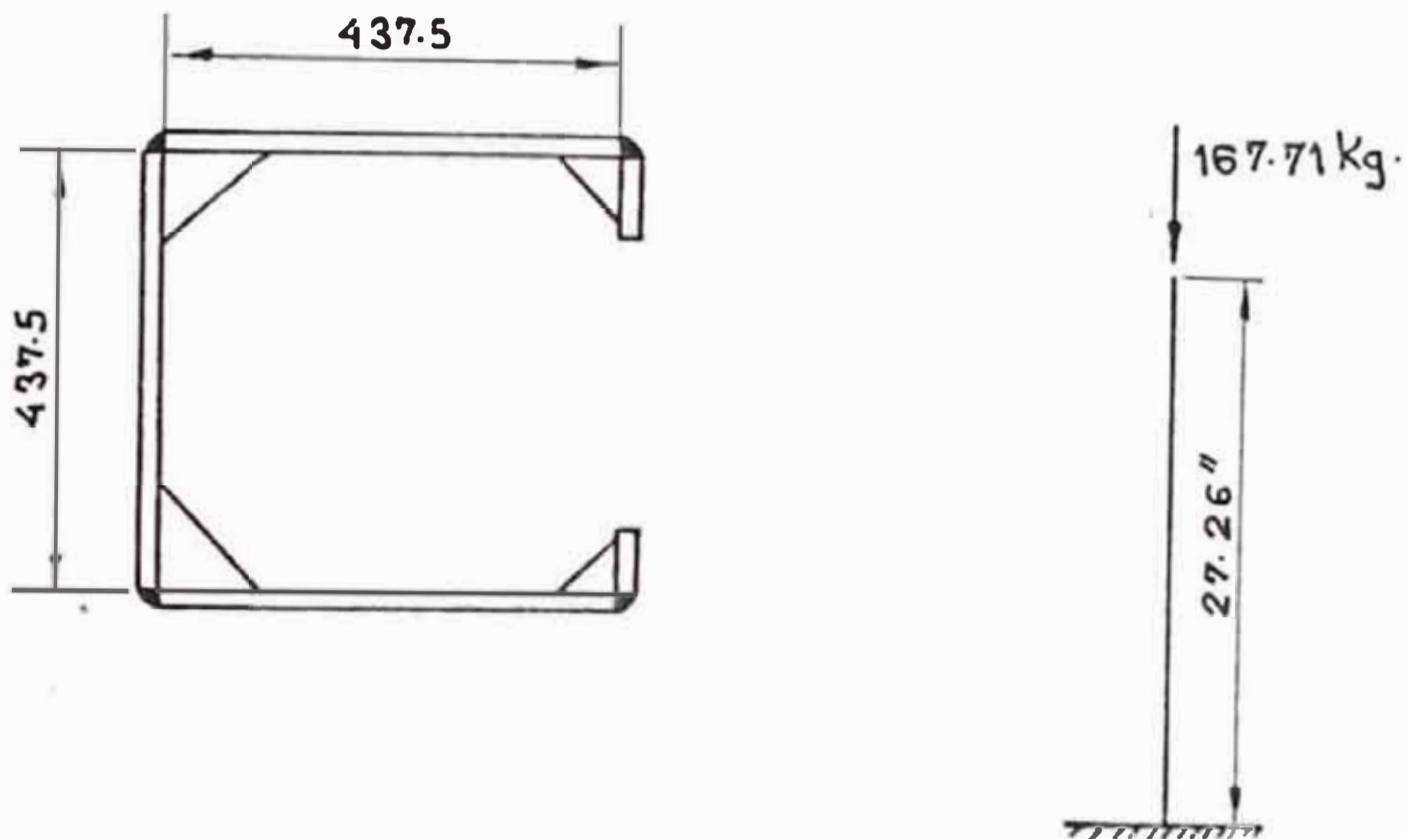
De tablas de rodamientos, seleccionamos aquel cuya

$$C > 6.6 \text{ Kn} \quad \text{y} \quad d = 50 \text{ mm.}$$

Usamos rodamientos 16010 2 z con $C = 12.50 \text{ Kn}$

5.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

La caja soporte del moto-variador y mesa sujetadora sera construida de plancha de 5 mm. de espesor con $\sigma_y = 21 \text{ Kg/mm}^2$; se diseñará como una columna.



$$F = W_{\text{moto-variador}} + F_{\text{aplicada}} + W_{\text{est.sum}} \\ = 40 \text{ Kg} + 107.71 + 50 = 197.71 \text{ Kg.}$$

$$A = 437.5 \times 5 \times 3 = 6562.5 \text{ mm}^2$$

Esfuerzo Aplicado :

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{197.71 \text{ Kg.}}{6562.5 \text{ mm}^2} = 0.03 \text{ Kg/mm}^2$$

Para un factor de seguridad = 2, el esfuerzo admisible

(σ_{ADM}) será :

$$\sigma_{\text{ADM}} = \frac{\sigma_y}{2} = 11.5 \text{ Kg/mm}^2$$

Como $\sigma = 0.03 \text{ Kg/mm}^2 \ll \sigma_{adm} = 11.5 \text{ Kg/mm}^2$. . No falla.

Para evitar pandeo localizado, se ubicaran refuerzos localizados horizontales en las esquinas, en número de dos en cada esquina.

:
.

VI.- ANALISIS ECONOMICO

6.1 COSTOS DE MATERIAL :

Los costos de material se obtiene en \$ /Kg. de material. Como nuestra máquina no es de dimensiones extensas, estos costos promedios nos ha proporcionado las mismas empresas que han hecho la proforma de los costos de fabricación.

Ejemplo :

Plancha	.....	0.8 \$/Kg.
Acero SAE 1045	.....	1.2 \$/Kg.

Para algunos elementos mecánicos de la máquina no se ha tomado el costo del material ya estos se compran directamente de una tienda distribuidora, tales como: pernos, tuercas, arandelas, resortes, etc.

Estos costos son solo para los elementos mecánicos.

6.2 COSTO DE FABRICACION :

Estos costos fueron obtenidas de las empresas:

"Proinco S.R.L.", "Metal Empresa S.A.", "Senati" (Instituto Tecnológico). También el precio de

fabricación es por kilogramo de material, sacando un promedio de:

Acero SAE 1045	3.5 \$/Kg
Plancha	1.2 \$/Kg

Estos precios pueden variar de acuerdo a la dificultad o facilidad en su proceso de elaboración.

6.3 COSTOS DE COMPONENTES :

Los costos de componentes, referidos a cilindros-pistón neumáticos, válvulas de distribución, válvulas de presión, válvulas de caudal, grifería, etc. fueron presupuestados por las empresas : "Hidromainsa S.R.L.", "Adolphus S.R.L." e "Importecnia S.R.L."

Todos estos precios son mostrados a continuación en tablas de acuerdo al número de plano, en las que se aprecia una columna de los costos de material, otra columna para costos de fabricación o manufactura y la tercera columna es el precio a todo costo es decir la suma de costo de material mas el de manufactura; o el precio de venta que ofrece el distribuidor, caso de pernos, arandelas, etc; o de los componentes, tales como cilindros-pistón, válvulas de presión, lubricador, etc.

PLANO Nº 1

Nº	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Chumacera	5	1.90	5.60	37.50
2	Plataforma	1	4	7.0	11.00
3	Brazo	1	9.23	15.0	24.23
4	Plataforma	1	6.0	21	27.00
5	Artic. Barra	1	3.58	11.00	14.58
6	Pieza de Unión	1	1.10	3.00	4.10
7	Eje	1	3.85	11.30	15.12
8	Eje - Guía	1	1.5	4.80	6.30
9	Eje	1	2.00	5.80	7.80
10	Eje	1	1.45	4.20	5.65
11	Eje	2	0.45	1.20	3.30
12	Eje	1	0.30	0.80	1.10
13	Eje	2	0.20	0.5	1.40
14	Eje	2	0.20	0.40	1.20
15	Tapa Soporte	1	0.90	2.5	3.40
16	Tuerca	1	1.00	3.0	4.00
17	Tapa	2	-	-	0.50
18	Barra Prol.Vastago	1	2.00	6.00	8.00
19	Barra Prol.Vastago	1	0.5	1.15	1.65
20	Eje	1	2.00	5.80	7.80
21	Barra Prol.Vastago	1	0.40	1.15	1.55
22	Bocina	1	-	-	4.00
23	Angulo	1	-	-	0.50

24	Perno de Ojo	1	-	-	2.5
25	Resorte de Recupe.	1	-	-	3.0
26	Tapa	1	-	-	1.00
27	Cilindro Neumatico	1	-	-	80.00
28	Cilindro Neumatico	1	-	-	50.00
29	Cilindro Neumatico	1	-	-	80.00
30	Bocina	6	1.00	1.60	15.60
31	Bocina	2	-	-	5.0
32	Bocina	2	-	-	3.00
33	Bocina	1	-	-	2.00
34	Anillo - Seguro	2	-	-	4.00
35	Arandela Plana	1	-	-	1.00
36	Tuerca Ciega	2	-	-	3.00
37	Anillo - Seguro	1	-	-	2.00
38	Anillo - Seguro	4	-	-	8.00
39	Anillo - Seguro	4	-	-	6.00
40	Anillo - Seguro	4	-	-	4.00
41	Perno Cabeza Hexa.	4	-	-	12.00
42	Perno Cabeza Hexa.	2	-	-	3.00
43	Perno Cabeza Hexa.	2	-	-	3.00
44	Perno Cabeza Hexa.	1	-	-	1.50
45	Perno Cabeza Hexa.	4	-	-	4.00
46	Torn.Cabeza Cilind	1	-	-	1.50
47	Torn.Cabeza Cilind	4	-	-	6.00
48	Torn. de Ajuste	1	-	-	1.00
49	Tornillo de Ajuste	4	-	-	4.00

50	Tornillo de Ajuste	3	-	-	3.00
51	Tornillo de Ajuste	2	-	-	2.00
52	Tornillo de Ajuste	1	-	-	1.00
53	Tuerca Hexagonal	2	-	-	3.00
54	Tuerca Hexagonal	2	-	-	4.00
55	Tuerca Hexagonal	1	-	-	1.50
56	Arande. de Presión	6	-	-	9.00
57	Arande. de Presión	5	-	-	5.00
58	Arandela Plana	4	-	-	2.40
59	Arandela Plana	2	-	-	2.00
60	Arandela Plana	1	-	-	0.6
61	Pasador	1	-	-	1.00
62	Interruptor Final	2	-	-	100.00
63	Motor Eléctrico		-	-	350.00
64	Plato Swivel		4.0	10	14.00
65	Eje Pulidor		3.50	6.50	10.00
66	Roda. de doble Hilera de bolas.		-	-	25.00
67	Roda. de bolas		-	-	15.00
68	Guarda		-	-	8.50
69	Acoplam. Flexible.				4.00
SUB-TOTAL					\$1058.78

PLANO NO 2

Nº	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Caja Soporte	1	30	15	45.00
2	Tapa de Caja Sopor	1	5.00	5.00	10.00
3	Estuche	1	-	-	10.00
4	Plataforma	1	12.00	8.00	20.00
5	Eje de Transais.	1	4.60	13.50	18.10
6	Tapa	1	1.20	3.50	4.70
7	Brida	1	1.00	2.50	3.50
8	Anillo y Tapa	1	1.00	3.50	4.50
9	Engran.de dtes.rec	1	-	-	30.00
10	Piñón de dtes.rec.	1	-	-	20.00
11	Reduc.de Vel.Vari.	1	-	-	300.00
12	Rodamien.de Bolas	1	-	-	22.00
13	Rodamien.de Bolas	1	-	-	20.00
14	Anillo de Seguri.	1	-	-	2.00
15	Anillo de Seguri.	1	-	-	2.00
16	Perno Allen	1	-	-	2.50
17	Perno Allen	4	-	-	10.00
18	Perno Allen	10	-	-	20.00
19	Perno Allen	4	-	-	10.00
20	Torni. Semiredon.	2	-	-	1.80
21	Torni. de Ajuste	2	-	-	2.50
22	Arand.de Presión	4	-	-	1.50
23	Arand. Plana	1	-	-	1.50

24	Chaveta Rectang.	1	-	-	2.00
25	Chaveta Rectang.	1	-	-	2.50
26	Arandela Plana	1	-	-	2.00
SUB-TOTAL					\$ 568.20

PLANO NO 3

NO	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Mesa Redonda	1	12.00	10.00	22.00
2	Asidero con 2 Corr	1	3.60	10.50	14.10
3	Soporte Movil	1	2.00	5.25	7.25
4	Palanca	1	1.00	2.80	3.80
5	Eje	1	0.50	1.50	2.00
6	Perno	1	0.50	2.00	2.50
7	Cobertor	1	-	-	2.50
8	Soporte	2	1.80	5.20	14.00
9	Soporte	1	-	-	7.00
10	Mango	1	0.90	2.60	3.50
11	Enchape	1	-	-	2.00
12	Plancha	2	-	-	0.50
13	Plancha	6	-	-	3.00
14	Pieza Para Atracar	1	-	-	1.00
15	Resorte	1	-	-	2.00
16	Caja de Carga	1	-	-	3.00
17	Tornillo	10	-	-	20.00
18	Tornillo	7	-	-	14.00

19	Tornillo	5	-	-	10.00
20	Tornillo	12	-	-	12.00
21	Tornillo	4	-	-	3.20
22	Tornillo	1	-	-	2.00
23	Tornillo	2	-	-	2.00
24	Tuerca Hexagonal	1	-	-	1.00
25	Pasador	2	-	-	2.00
26	Arandela	10	-	-	5.00
27	Zona de Aguante	1	-	-	2.00
28	Tornillo de Ajuste	1	-	-	1.00
29	Tuerca Hexagonal	1	-	-	1.00
30	Arandela	1	1.00	1.60	0.50
31	Arande. de Presión	4	-	-	1.00
SUB-TOTAL					\$ 166.85

PLANO Nº 4

Nº	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL. \$
1	Guías	2	48.00	10.00	58.00
2	Plataforma	1	9.00	12.00	21.00
3	Platina	2	3.20	8.50	11.70
4	Pieza para Atracar	4	-	-	2.00
5	Torni. Rosca Cuadr.	1	3.50	10.00	13.50
6	Brida	1	0.60	1.50	2.10
7	Tuerca	1	0.90	2.60	3.50

8	Rodamiento Axial	1	-	-	20.00
9	Perno Cabeza Hexag	4	-	-	8.00
10	Perno Allen	2	-	-	4.00
11	Perno Allen	18	-	-	27.00
12	Perno Allen	1	-	-	1.50
13	Perno Allen	4	-	-	4.00
14	Arande.de Presión	21	-	-	1.00
15	Arandela Plana	4	-	-	2.00
16	Torni.de ajuste	4	-	-	6.00
17	Perno Cabeza Hexa.	4	-	-	8.00
18	Perno Allen	4	-	-	8.00
SUB-TOTAL					\$ 201.30

PLANO Nº 5

Nº	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Tubo Roscado Ext.	1	1.35	3.85	5.20
2	Arandela	1	-	-	1.00
3	Tuerca	1	0.30	1.20	1.50
4	Extremo del Torni.	1	-	-	0.50
5	Arandela	1	-	-	0.80
6	Cobert.Tipo Campa.	1	1.20	3.50	5.00
7	Perno Cabeza Hexa.	1	-	-	2.00
8	Tornillo de ajuste	1	-	-	1.00
9	Arande.de Presión	1	-	-	1.50
SUB-TOTAL					\$ 18.50

PLANO NO 6

NO	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Manguera	5	-	-	12.00
2	Filtro Separador	1	-	-	118.00
3	Val.Regu.de Presi.	1	-	-	120.00
4	Lubricador	1	-	-	80.00
5	Val. de Distri.5/2	1	-	-	280.00
6	Val. de Distri.5/2	1	-	-	280.00
7	Val.Regul.de Pres.	1	-	-	120.00
8	Val.Regul.de pres.	1	-	-	120.00
9	Val.Regu.de Caud.	1	-	-	18.00
10	Val.Regu.de Caud.	1	-	-	18.00
11	Val.Regu.de Caud.	1	-	-	18.00
12	Val. Regulado.D.C.	1	-	-	18.00
13	Silencia. de Aire	1	-	-	35.00
SUB-TOTAL					\$ 1237.00

PLANO NO 7

NO	DESIGNACION	CAN.	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
1	Mango	1	2.40	7.00	9.40
2	Perno Allen	1	-	-	3.00
3	Arande. de Presión	1	-	-	1.00
4	Escobi.150x120x50	1	-	-	3.00

5	Tubo	1	-	-	0.50
6	Arandela Plana	1	-	-	1.00
7	Contratuerca	2	-	-	1.50
SUB-TOTAL					\$ 10.00

Ademas hay que agregar el costo de la base de la estación sumergible.

DESIGNACION	COSTO MAT. \$	COSTO FAB. \$	COSTO TOTAL \$
Plancha 3/4"	55.00	15.00	70.00
Plancha 1/2"	7.00	8.00	15.00
Plancha 1/2"	5.00	4.00	9.00
4 Pernos Cab. Hex. de 1"Ø	-	-	12.00
SUB-TOTAL			\$106.00

Para la alimentación del aire comprimido se necesitará también:

		COSTO (\$)
1	Codo 1/4"	2.50
2	"T" 1/4"	5.00
2.5 m. Tubería bronce 1/4		20.00
SUB-TOTAL		27.50

Sólo se ha hecho, el costo unitario de la máquina por ser ésta una de las 6 máquinas por las que pasa el lavadero en su proceso de fabricación. Pero su importancia radica en eficiencia en la mejora de la presentación hacia el público de un producto bien terminado. Esto se ha conseguido con la aplicación de la neumática, la cual disminuye el tiempo del proceso de pulido, lo que implica elevar la productividad.

Haciendo la suma de todos los subtotales nos da un costo total de la máquina de 3,394.13 \$ libre de los componentes eléctricos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La automatización utilizando la energía neumática, realiza funciones mejor y con mayor rapidez, en forma más uniforme y lo más importante: durante más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga en el hombre.

Cómo es una máquina que realiza ciclos automáticos de pulido disminuye las horas-hombre empleadas en el proceso de fabricación del lavadero, por lo tanto se eleva la productividad.

Se utiliza la energía eléctrica y del aire comprimido para operar esta máquina, porque es lo ideal para estos tipos de trabajo y porque su mantenimiento es menos costoso.

La Coordinación de las operaciones: subida y bajada de la estación sumergible, la oscilación de la misma, del prendido del motor y la rotación de la mesa sujetadora, están controlados por elementos neumáticos y eléctricos.

Este proceso de pulido se realiza a temperatura ambiente pero con la fricción de la escobilla y pasta

abrasiva, sobre la poza se eleva un poco la temperatura de esta zona.

La elección de la energía neumática depende del factor rentabilidad y sus límites son por razones económicas y demasiado consumo de aire.

La fuerza del cilindro neumático, depende del diámetro del émbolo y de la presión del aire.

Las regulaciones de la fuerza del cilindro, se realiza mediante válvulas reguladoras de presión del aire comprimido.

El aire comprimido es uno de los medios de energía que nos permite realizar trabajos más rápidos pero con menor fuerza respecto a la energía hidráulica.

Con las válvulas reguladoras de caudal, obtenemos las velocidades prácticas u óptimas en el vástago del cilindro tanto de la extensión como la de retracción (cilindro de doble efecto) o sólo extensión (cilindro de simple efecto).

Habra que tener cuidado en no abrir totalmente las válvulas las válvulas reguladoras de caudal, por el desgaste súbito que puedan sufrir las articulaciones.

Se debe cumplir con un programa de lubricación para evitar un desgaste prematuro.

La máquina diseñada es una de las cinco, empleadas solo para el proceso de pulido por las que deben pasar los lavaderos. Es por esto que no se hace análisis de rentabilidad ya que el costo de esta operación es mínima con respecto al costo total del lavadero.

Las cinco máquinas para el proceso de pulido están montadas en una línea de flujo continuo.

BIBLIOGRAFIA

- "ABRASIVOS" FIGUERAS BLANCK.
- "ANODIZADO Y COLOREADO DEL ALUMINO Y SUS ALEACIONES"
..... VICENTE MASSUET.
- "APLICACIONES DE LA NEUMATICA" DEPFERT-STOLL.
- "RECTIFICADO Y ACABADO" LUCCHESI DOMENICO
- "PROCEDIMIENTOS DE FABRICACION Y CONTROL"
.....LASHERAS ESTEBAN.
- "ELECTROQUIMICA INDUSTRIAL" ... MANTELL CHARLES LETNAM.
- "ELECTROQUIMICA" RUBIO FELIPE L.
- "MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION" AISC
- "DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS" ING. J. J. HORI
- "MAQUINAS HERRAMIENTAS" KENNEDY RALPH J.
- "MANUAL UNIVERSAL DE LA TECNICA MECANICA"... MACHINERY.
- "MANUAL DEL CONSTRUCTOR DE MAQUINAS" DUBBEL
- "DISEÑO MECANICO" HUAFAYA-ZABALETA-ECHEVARRIA.
- "MECANICA VECTORIAL PARA INGENIEROS"... BEER Y JOHNSON.
- "CATALOGOS DE CILINDROS Y VALVULAS NEUMATICAS... FESTO.
- "CATALOGO DE ACERO" BOHELER.
- "CATALOGO DE LA MAQUINA PARA PROCESO DE PULIDO DE POZAS
DE LAVADERO DE ACERO INOXIDABLE DE USO DOMESTICO
..... METABO.