

18
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MEJORAS EN EL SISTEMA MECANICO
DE CALANDRADO PARA LA ELABORACION
DE PAPEL TIPO KRAFFT

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO
PRESENTA
JOSE LUIS AVILA PEREZ

MEXICO, D. F.

1987.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

<u>TEMARIO</u>		Pag.
I.-	INTRODUCCION.	1
a).-	Objetivo del Trabajo	2
II.-	GENERALIDADES	
a).-	Origenes de la Elaboración	3
b).-	Avances en la Tecnología	3
c).-	Diagrama de Flujo del Proceso	12
d).-	Materias Primas	40
e).-	Control de Calidad	46
f).-	La industria en México (capacidades)	69
III.-	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CALANDRADO.	
a).-	Definición y Objetivo del Calandrado	77
b).-	Características que debe reunir una Calandra	81
c).-	Componentes y Accesorios de la Calandra	84
d).-	Efectos Mecánicos.	95
IV.-	ANALISIS MECANICO Y PARAMETROS DE SELECCION.	
a).-	Coronamiento	99
b).-	Balaceo de Rodillos	131
c).-	Selección de Rodamientos	152
V.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	156
VI.-	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	159

ILUSTRACIONES

Dibujos		Pag.
1	PRIMERA MAQUINA PARA HACER PAPEL	7
2	MAQUINA FOURDRINIER MODERNA	10
3	DIAGRAMA DE FLUJO PARA PREPARACION DE PASTA	14
4-A	HIDRAPULPER	20
4-B	TANQUE GRAPERO	20
4-C	LIMPIADOR CENTRIFUGO	20
5-A	TURBOSEPARADOR	24
5-B	ESPEADOR	24
5-C	CAJA DE PASTA ESPESADA	24
5-D	REFINADOR DE DISCOS	24
6	PROPOSICION DE LINEAS EN EL SISTEMA DE REFINACION	26
7	DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMACION DEL PAPEL	28
8-A	CAJA DISTRIBUIDORA DE ENTRADA DE PASTA	33
8-B	MESA DE FORMACION	33
9-A	PRENSAS	39
9-B	SECADORES	39
9-C	ENROLLADORA	39
10-A	PROBADOR DE DENSIDAD	60
10-B	PROBADOR DE POROSIDAD	60
10-C	PROBADOR DE ASPEREA	60
10-D	PROBADOR DE RIGIDEZ	60
11-A	PROBADOR DE TENSION	68
11-B	PROBADOR DE RASGADO	68
11-C	PROBADOR DE ABSORCION	68
11-D	PROBADOR DE FREESNESS	68

	Pag.	
12-A	PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS	72
12-B	IMPORTACION DE PAPEL	72
12-C	PRODUCCION ESTIMADA Y PORCENTAJE DE UTILIZACION DE CAPACIDAD	72
13-A	ESTIMACION DE OFERTA - DEMANDA	76
13-B	CAPACIDADES EN LA INDUSTRIA MEXICANA	76
13-C	CAPACIDADES DE LOS PAISES MAS IMPORTANTES	76
14	CALANDRA	79
15-A	PARTES DE LA CALANDRA	86
15-B	RODILLO REY	86
15-C	FABRICACION DE UN RODILLO	86
16-A-B	TIPOS DE RODILLOS	88
17-A	DIAGRAMA DE TEMPLE	93
17-B	CUADRO DE MATERIALES Y DUREZAS	93
18-A-E	EFFECTOS MECANICOS EN LOS RODILLOS	98
19	GRAFICA CALIBRE-PRESION DEL PAPEL EN LA CALANDRA	101
20	DEFLEXION EN LOS RODILLOS	109
21-A	RECTIFICADORA DE RODILLOS	111
21-B	TECNICA DE RECTIFICADO	111
22-A-D	EFFECTOS DE DEFLEXION EN EL RODILLO INFERIOR	114
23-A-B	EFFECTOS DE DEFLEXION EN EL RODILLO INTERMEDIO	116
24-A-C	EFFECTOS DE DEFLEXION Y APLICACION DEL NIP RELIEVING	118
25-A-D	GRAFICA PARA EL NIP RELIEVING	121
26-A-B	EFFECTOS DE DEFLEXION Y APLICACION DEL ROLL BENDING	123
27	MARGEN DE APLICACION PARA EL ROLL BENDING	125
28-A-C	GRAFICA PARA EL ROLL BENDING	127

		Pag.
29-A-B	MECANISMO DE NIP RELIEVING Y ROLL BENDING	130
30	FRECUENCIAS DE VIBRACION Y CONSECUENCIAS	132
31	LIMITES DE ACEPTABILIDAD DE LA VIBRACION	134
32	TIPOS DE DESEQUILIBRIO	138
33	GUIA PARA CALCULO DE BALANCEO EN DOS PLANOS	140
34	EQUIPO DE BALANCEO	142
35	POSICION DE LA PESA DE ENSAYO	143
36-A-E	CONSTRUCCION DE VECTORES PARA CALCULO DE BALANCEO EN DOS PLANOS	150

I.- INTRODUCCION.

Desde hace siglos el papel ha servido como manantial de cultura y su uso podríamos decir que representa un reflejo del grado ó escala de nivel de vida de la humanidad. En todo el mundo la demanda de papel tiene un continuo incremento debido a las exigencias de su consumo en sus diferentes tipos, papel y cartoncillo, para envoltura y embarque, papel para impresión, cartoncillo para impresión, papel para escritura, papel parafinado, papel para periódico, entre otros.

La materia prima que se usa tanto en México como en todo el mundo para la fabricación del papel es principalmente la celulosa, obtenida básicamente de la madera, pero ya que la madera es un bien lentamente renovable, las autoridades nacionales han restringido mucho la tala de los bosques. Luego entonces, es necesario pensar en otra materia prima para la obtención de celulosa tales como la paja de trigo ó el henequén, pero sobre todo el bagazo de caña.

Respecto a éste último, nuestro país es un gran productor de caña de azúcar, en los ingenios después de separar el azúcar el remanente que es el bagazo es usado como combustible, sin darse cuenta que lamentablemente se está perdiendo una gran fuente de obtención de celulosa.

En México, al igual que en todos los países del orbe, la industria de la fabricación del papel y la celulosa ha tenido un gran incremento, el cual todavía no es suficiente como para impedir la fuga de divisas debido a la importación de dichos materiales, originando una inestabilidad económica directa o indirectamente en nuestro

pafs.

I-a.- OBJETIVO.

Es por lo dicho anteriormente que en éste trabajo se hace un análisis de una pequeña pero muy importante parte del proceso como es el calandrado en la elaboración de papel a base de MATERIA PRIMA RECICLADA, ó sea la utilización de materia que podría considerarse de desperdicio (papel y envolturas desechadas y recogidas básicamente por los papenadores) logrando con ésto reducir al mínimo los costos en la manufactura del papel y de paso ayudando en gran parte a EVITAR LA CONTAMINACION que provocaría dicho " desperdicio ", sin olvidar desde luego el conservar una calidad aceptable para poder competir a nivel mundial en el mercado de papel.

II.- GENERALIDADES.

II- a).- ORIGENES DE LA ELABORACION.

La palabra papel viene de " POPYROS ", planta lacustre cuyo tallo era utilizado por los egipcios aproximadamente 3,500 años antes de la era cristiana para fabricar hojas las cuales eran utilizadas para escribir en ellas. El procedimiento que seguían era mas ó menos el siguiente: Separaban la película del tronco con un cuchillo muy bien afilado sacando de 12 a 20 tiras sumamente delgadas y tan largas y anchas como fuera posible de acuerdo con el tamaño del tronco, posteriormente humedecían éstas tiras con una especie de almidón y las colocaban una sobre otra en forma de cruz sobre tableros donde las raspaban con un utensilio provisto de un diente. Como paso siguiente las prensaban ó batían con un martillo y finalmente las colocaban al sol hasta que estuvieran secas. Estas tiras, pegadas unas con otras por sus extremos, fué lo que se denominó " POPYRUS " y el cual, posteriormente (a fines del siglo XVIII) tuvo un uso bastante generalizado y diversificado llegando incluso, a ser utilizado en la fabricación de billetes.

II-b).- AVANCES DE LA TECNOLOGIA.

Es a los chinos a quienes se debe el invento del papel formado de fibras vegetales, mediante un proceso básico que es mas ó menos, similar al que se utiliza hoy en día. Hacia el año 610 de nuestra era, dos sacerdotes habían sido enviados a la China por el rey de Corea, propagando dicho invento por el Japón y Corea. Posteriormente, algunos de los prisioneros que en el año 751 llegaron a Samar-

Kanda aprendieron ésta técnica y la practicaron, contribuyendo grandemente a su difusión. El papel fabricado por éstas gentes fué evolucionando en cuanto al uso de materias primas se refiere, llegando a ser utilizados casi exclusivamente los trapos de desecho como materia prima, relegando al desuso los demás materiales fibrosos.

Entre los años 794 y 795 se estableció una fábrica de papel en Bagdad y fué una industria floreciente hasta el siglo XV. En Damasco - hacia el siglo I, se fabricaba un tipo de papel que era conocido con el nombre de " CHARTA DAMASCENA " y el cual se exportaba a los países occidentales.

La fabricación de papel se extendió luego a las costas del norte de Africa llegando hasta la península Ibérica en donde en el año 1154 ó probablemente antes, los árabes la implantaron en Játiva. La materia prima utilizada por éstos era el algodón crudo, por lo cual el papel resultaba de pobre resistencia y por consiguiente de baja calidad.

En Alemania es posible encontrar los primeros vestigios de la fabricación de papel hacia fines del siglo XII y probablemente de ahí se fué extendiendo a otros países europeos. En el año 1390 el señor Ulmann Stroner montó un molino completo para la fabricación de papel en la ciudad de Nuremberg (Alemania).

Todo hace suponer que fué en Francia en el siglo XII cuando se fabricó el papel por primera vez. Lo que sí se sabe con certeza es que en el año 1350 se montó el primer molino en la ciudad de Troyes.

En Inglaterra el primer molino fué el de Stevanaga en el año 1460 y mas tarde, en 1558 el de Dartford.

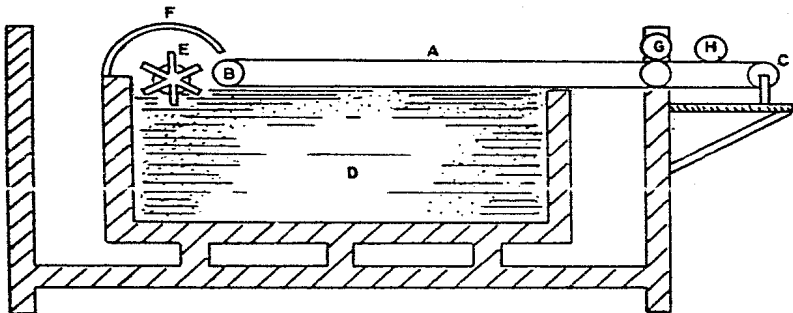
En Italia se fabricaba papel en el año 1200, en la ciudad de Fa - biano.

En Colombia se fabricó papel por primera vez en el año 1811. Aunque es cierto que ya hacia fines del siglo XVI la industria pa - pelera estaba bastante avanzada, fué indiscutiblemente el invento - de la imprenta lo que más contribuyó a darle aún un mayor y defini - tivo impulso que luego se vió reforzado por el gran resurgimiento intelectual que subsiguió a la Reforma durante el período del Rena - cimiento.

Vino posteriormente, la invención de la máquina para fabricar papel, que revolucionó el anticuado método manual y permitió aumentar consi - derablemente la producción. Cabe anotar aquí que, si bien es cierto - que la fabricación de papel por sistemas manuales está casi abolida, aún se encuentran algunas pequeñas industrias de ésta índole, ya que la calidad obtenida por éste método es imposible de lograr utilizan - do cualquiera de las máquinas modernas.

La primera máquina para hacer papel fué inventada en Francia en el año 1799 por Louis Robert. Esta máquina consistía, como se puede - apreciar en el dibujo No. 1, de una malla sin fin (A) la cual pasa - ba entre dos rodillos (B y C) siendo uno de ellos ajustable (C) con el fin de mantener la malla tensa. La pulpa batida (D) era ali - mentada por unas paletas rotatorias (E) contra un deflector curvo (F) el cual distribuía la pulpa y el agua en corriente paralela -

sobre la superficie móvil de la máquina. A medida que la malla se desplazaba lentamente hacia adelante, el agua drenaba a través de la malla siendo completado el secamiento por dos rodillos pequeños (G). El rodillo receptor (H) envolvía la hoja húmeda hasta un determinado largo, generalmente 50 pies. Luego era sacado el rodillo con el papel envuelto, se desenvolvía pasándolo por varios rodillos de presión y se colgaba hasta que estuviera seco.



- A - MALLA SINFIN
- B - RODILLO FIJO
- C - RODILLO TENSOR
- D - PULPA BATIDA
- E - PALETAS ROTATORIAS
- F - DEFLECTOR CURVO
- G - RODILLOS PRENSA
- H - RODILLO RECIBIDOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
		TESIS PROFESIONAL		
PRIMERA MAQUINA PARA HACER PAPEL				
DIBUJO: J. L. A. P.	ESCALA: —	ACOTS.: —	FECHA: MAYO-1987	DIB. No. 1

Louis Robert vendió su modelo y su interés en la patente a su patrón Leger Didot. Este vió las posibilidades de perfeccionamiento de ésta máquina en un país libre de rivalidades gubernamentales, por lo cual accediendo a los ruegos de su cuñado, John Gamble partió para Inglaterra en el verano de 1800 y el 2 de Abril de 1801 le fué otorgada la patente Inglesa por la máquina de papel ya bastante mejorada por Bryan Donkin y el mismo Didot.

En el otoño de 1803 fué instalada la primera máquina para hacer papel, la cual trabajó con éxito en Frojnina, Inglaterra. En 1804 otra máquina, prácticamente un duplicado de la primera fué instalada y trabajó con éxito en la ciudad de Ivo Welles Inglaterra. En éste último año los hermanos Henry y Sanly Fourdrinier cooperaron al interés resultante de Didot y Gamble en las mejoras de su máquina.

En el año 1808 John Gamble cedió sus derechos que había obtenido del Parlamento a los hermanos Fourdrinier haciendolos por consiguiente, los únicos dueños de las patentes que cubrían la única máquina para la fabricación de papel que existía en ese entonces. De ésta manera la máquina inventada por Robert, reformada y fomentada por Didot y Gamble, diseñada por Donkin y financiada por los hermanos Fourdrinier llegó a conocerse y aún se conoce hoy en día como la máquina Fourdrinier.

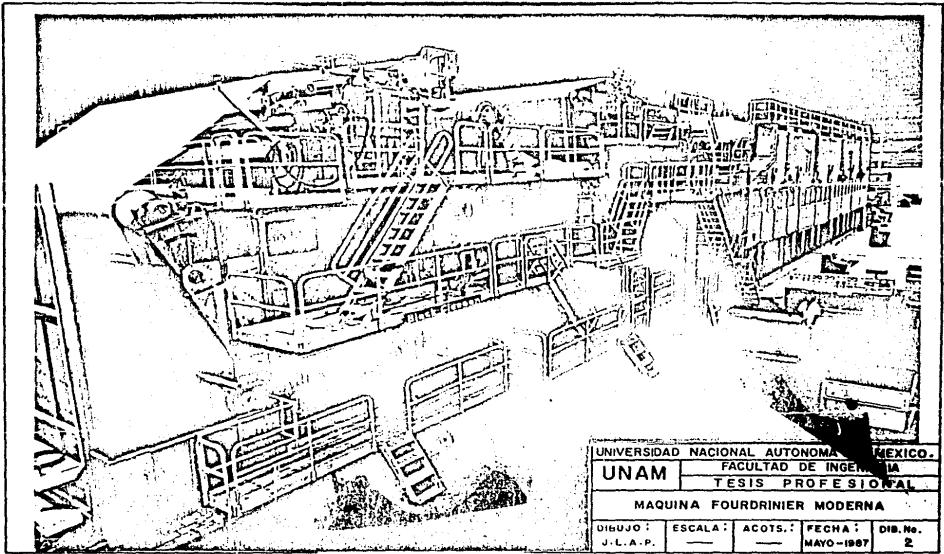
LA MAQUINA FOURDRINIER MODERNA.

TIPOS DE MAQUINAS.- Hay una gran variedad de tipos de Fourdrinier, éstos van desde los relativamente angostos y de poca velocidad usados en la manufactura de papeles de alta calidad (para libros, pa

ra escribir), hasta las máquinas de bastante anchura y gran velo-
cidad como la que ilustra el dibujo No. 2, que se usan en la manu
factura de papeles Krafft periódicos y otros.

Las Fourdrinier varían en tamaño (expresado en el ancho de la ma-
lla) de 30 a 320 pulgadas. Sus velocidades varían aproximadamente
entre 100 y 2500 pies por minuto. Estas máquinas han tendido con-
el progreso de la industria a hacerse más simples a medida que au-
mentan las velocidades y los anchos. Esto se debe a que se usan -
generalmente, para producir solamente uno ó muy pocos grados ó ca-
libres de papel.

27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.				
UNAM				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
TESIS PROFESIONAL				
MAQUINA FOURDRINIER MODERNA				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987	2

Las máquinas de papel pueden clasificarse como " derechas " ó " izquierdas ".- Así, mirando hacia la sección húmeda (wet-end) de la máquina, la transmisión se encuentra a mano derecha en las máquinas " derechas " ó a mano izquierda en las máquinas " izquierdas ". En el primero de los casos, el lado izquierdo de la máquina se denomina " frontal " (front-side) y el lado derecho "posterior" (back-side). En el segundo de los casos los términos se invierten.

También pueden clasificarse las máquinas Fourdrinier según el sistema de cambio de malla. Pueden ser por lo tanto, de tipo removible ó no removible. En el primer caso la malla se coloca en el pasadizo en soportes apropiados y la sección correspondiente de Fourdrinier se introduce en la malla. En el segundo caso la malla se coloca igualmente en el pasadizo pero es introducida en la sección correspondiente del Fourdrinier. Otra manera de clasificar la máquina es llamarla "con oscilador" ó "sin oscilador". El oscilador es un aditamento mecanico conectado a la sección de la malla y que le imparte un movimiento de oscilación lateral, el cual se trasmite a la pulpa en suspensión, disminuyendo la floculación de la misma y contribuyendo a la mejor formación ó entrelazamiento de las fibras cuando las características del papel así lo exijan en máquinas de más de 200 pulgadas de ancho y velocidades mayores de 800 pies por minuto.

CLASIFICACION ADICIONAL.- Las Máquinas Fourdrinier se pueden catalogar en 4 tipos principales de acuerdo a la calidad del papel.

- a) Tipo convencional (papel para cigarrillos, para escribir, etc.)
- b) Tipo Papel Periódico (para papel periódico)
- c) Tipo Krafft (papel para envolver, para sacos, etc.)
- d) Tipo Papel de Seda (para Kleenex, servilletas, toallas, etc.)

II-C.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

Para poder entender la secuencia del proceso de fabricación del papel a través de toda la máquina, a continuación se hace una breve síntesis de la misma:

La materia prima, ya sea virgen ó/y recirculada, es introducida -- junto con los demás elementos químicos al hidrapulper donde recibe el primer desfibrado, de ahí es bombeada a un tanque grapero donde por medio de decantación se elimina gran parte de partículas sólidas como son arena, grapas, vidrios, etc., posteriormente se hace la limpieza y depuración total de partículas e impurezas más finas. De ahí pasa al espesador en donde se elimina el agua sobrante para comenzar a darle la consistencia adecuada a la pasta, dicha pasta cae a un tanque de almacenamiento donde a su vez es bombeada a un sistema de refinación para darle ya, el tamaño adecuado a las fibras.

La pasta pasa entonces a una caja de nivel, de donde es enviada a la caja de distribución de la masa de formación. A lo largo de dicha mesa, la pasta va perdiendo agua debido a los diferentes sistemas de eliminación de agua de los que dispone dicha mesa, para pasar posteriormente a una sección de prensado, la cual termina de eliminar el agua hasta el punto deseado.

Posteriormente la hoja de papel conteniendo el porcentaje de humedad necesario, entra a la sección de secadores en donde se va incrementando la temperatura gradualmente a través del proceso, con el fin de evitar que la hoja de papel se deforme por un incremento brusco de la temperatura hasta eliminar totalmente la humedad.

La calandra es la parte del proceso que le dá el calibre y el acabado final a la hoja de papel, finalmente es enrollado y embobinado al tamaño solicitado por el cliente.

Debido a la gran demanda de diferentes tipos de papel y las exigencias de calidad cada vez mayores de los mismos, se han tenido que ir mejorando los parámetros mecánicos del sistema (ya que básicamente no ha habido grandes cambios en los elementos constituyentes de las máquinas de papel), para lograr una mayor producción y mejor calidad.

Sin embargo, no podemos olvidar un avance tecnológico muy importante en la elaboración del papel, ya que debido precisamente a la gran demanda de dicho producto, se ha ido escaseando alarmantemente la materia prima, por lo que fué necesario echar mano de un recurso como es el RECICLAJE. Esto quiere decir, que el desperdicio de papel ya manufacturado (tal como papel periódico, cartón, etc.) puede ocuparse nuevamente como materia prima en la manufactura de un nuevo papel, ganando con ésto por un lado, el ayudar a combatir la contaminación (basura) del medio ambiente y por el otro, una gran economía en la fabricación de papel, ~~ya que~~ se aprovechan los componentes físico-químicos de dicho material de desperdicio reduciendo al mínimo la materia prima virgen.

El diagrama de flujo del proceso de una máquina moderna para papel reciclado es el siguiente:

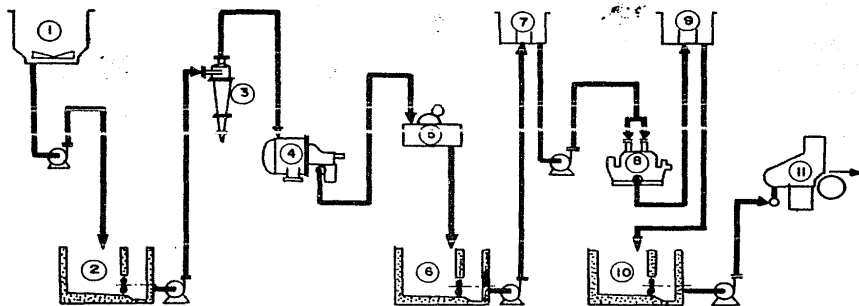
Para mayor claridad dividamos el proceso en 2 partes;

i) Preparación de pasta

ii) Formación.

1) PREPARACION DE PASTA

Ver dibujo No. 3.



- 1- HIDRAPULPER
 2- TANQUE GRAPERO
 3- LIMPIADOR CENTRIFUGO
 4- TURBO SEPARADOR
 5- ESPESADOR
 6- T. PASTA ESPESADA
 7- CJA. PASTA A REFINADORES
 8- REFINADOR DE DISCO
 9- CJA. PASTA REFINADA
 10- T. PASTA REFINADA
 11- CJA. DE NIVEL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL				
DIAGRAMA FLUJO DE PASTA				
DIBUJO: J. L. A. P.	ESCALA: —	ACOTS.: —	FECHA: MAYO-1987	DIB. No. 3

Está integrado por:

1.- HIDRAPULPER:

El primer paso en la fabricación del papel reciclado es la preparación de pasta, para la cual se dispone de un hidrapulper que - trabaja en forma continua (sistema continuo de batimiento) la mayoría de las veces.

El batimiento (ó sea el desfibrado tanto de material reciclado - como de materia prima virgen), tiene como función primordial romper la pared delgada exterior de las fibras y desmembrarlas; éstas fi- bras de mucho menor tamaño que las fibras sin tratar, se vuelven - más flexibles, ésto se hace con el objeto de que durante el proceso se entrelacen formando una red, lo cual permite un número mayor de puntos de contacto entre fibra y fibra, aumentando por lo tanto la resistencia y creando una mayor fuerza de enlace al formarse el car- tón ó papel, éste es el primer paso importante para una buena forma- ción de papel. Actualmente no hay propiedad alguna de cartón ó pa- pel que no sea afectada por el batimiento ya que el aumento ó dis- minución de éste, afecta directamente la rapidez de drenado del agua de la pulpa, que es una de las pruebas de control de calidad más - importantes del papel.

El término de "hidratación" se ha usado para expresar los efectos - del batimiento. Lo que realmente se quiere describir con él es que las fibras son separadas y desmembradas, descubriendo nuevas super- ficies que se humedecen. Por lo tanto una cantidad de agua y pulpa con bastante tiempo de batimiento, se dice que es ó está lenta. La misma cantidad cuando ha sido poco batida, se dice que es ó es- tá libre.

EL HIDRAPULPER (ver dibujo No. 4-A) es un tanque metálico (la mayoría de las veces) en forma de media esfera provisto de un disco rotatorio (rotor) en su parte inferior (interior) el cual es movido por un motor eléctrico. Este rotor está provisto de aspas que sirven para impulsar la pulpa y crear una fuerza centrífuga, originando una alta turbulencia y evitando que la pulpa se quede sobre las platinas (placas con perforaciones colocadas entre los deflectores y el rotor) las cuales filtran de impurezas la pasta de papel, antes de que ésta continúe a los siguientes pasos del proceso.

Puede trabajar por "batcheo" ó por batidas continuas debido a que está provisto de un tanque de nivel y de sistemas de limpieza continua.

Se denomina trabajo por batcheo cuando el hidrapulper se carga con una cantidad determinada de agua y pulpa (según la consistencia que se desee), se lo da un tiempo igualmente determinado de batimiento y luego se desocupa completamente para iniciar un nuevo ciclo de batcheo.

Se dice que es un batimiento continuo cuando el hidrapulper se alimenta continuamente de acuerdo con el tonelaje por hora del molino para tener una cantidad igual de pulpa en el tanque de almacenamiento. En efecto, si no se dispusiera del tanque de nivel como se mencionó y la bomba succionara la pulpa directamente del hidrapulper, el material que aún no se hubiera desfibrado lo suficiente para pasar por las perforaciones de las platinas, se depositaría sobre éstas, obstruyéndolas y por lo tanto impidiendo la salida de la pulpa. El tanque de nivel además de permitir tener un nivel constante en el hidrapulper, impide que la bomba succione directamente de éste. Los sistemas de limpieza permiten utilizar hasta cierto punto materia prima sucia.

2.- TANQUE GRAPERO.

La pulpa pasa a continuación, al respectivo tanque grapero (ver dibujo No. 4-B) el cual tiene como una de sus funciones principales mantener un nivel constante, ya que de lo contrario habría variaciones en el bombeo que provocarían variaciones en el peso y consecuentemente una deficiente calidad en el producto por la variación en la formación. Pero fundamentalmente es la de sedimentar por medio de decantación las partículas más pesadas que se pasaron a través de las platinas del hidrapulper como son vidrios, grapas y arena entre otros.

Una vez que la pulpa en el tanque grapero es liberada de dichas - partículas, es bombeada a los limpiadores centrífugos.

3.- VORTRAPS O LIMPIADORES CENTRIFUGOS.

Una de las operaciones más importantes dentro de la fabricación del papel es la limpieza y depuración de la pasta, éstas nos son necesarias para:

- a) El buen trabajo de la pasta evitando reventadas de la gufa ra- cion formada, especialmente en máquinas de alta velocidad.
- b) Evitar maltrato y abrasión de la tela con su correspondiente - reducción de vida útil y costo.
- c) Evitar desgaste y maltrato de prensas en la sección húmeda y - en la calandra.

Para la limpieza se utilizan los limpiadores centrífugos (ver dibujo No. 4-C), los cuales eliminan ó separan los materiales indese- ables de la pasta por medio de la fuerza centrífuga con que entra- la pasta al limpiador, ésta hace que las partículas de diferente -

densidad vayan en diferentes direcciones, con lo que se logra una separación de ellas.

Generalmente, los limpiadores por las características de sus instalaciones no entregan pasta floculada es decir, con grumos de pasta entrelazados. Los limpiadores centrífugos son también conocidos como limpiadores de caída ó pérdida de presión, son llamados así por que la pasta es alimentada a presión por medio de una bomba y el producto aceptado sale a una presión más baja que con la que -- fué alimentada.

El limpiador consiste de un cono hueco unido en su parte superior a un cuerpo cilíndrico cuya parte superior tiene las conexiones de alimentación y aceptado.

Como la suspensión entra al limpiador bajo presión y la entrada es tangencial se forma un remolino hacia abajo y pegado a la pared de la parte cilíndrica del limpiador arrastrando los materiales más pesados, al mismo tiempo el material menos pesado forma una columna espiral ascendente al centro del cuerpo que llega hasta donde está la conexión de salida del aceptado.

Conforme va la pasta a la parte cónica aumenta su velocidad y la fuerza centrífuga a medida que el diámetro se va reduciendo. Los materiales pesados salen por un orificio que hay en el fondo.

Debido al porcentaje de pasta buena que es expulsada con los rechazos se hace necesario repetir el proceso de limpieza de los limpiadores centrífugos generalmente en 3 pasos. El inicial con una batería de limpiadores primarios, posteriormente la de secundarios y -

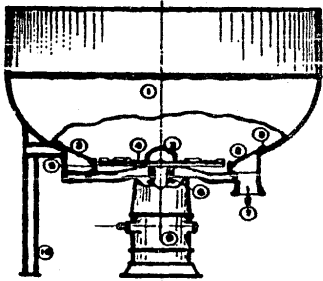
finalmente la de terciarios cuyo número de unidades dependerá de la capacidad de producción de cada máquina.

Se utiliza solo la pasta limpia que proviene de los limpiadores - primarios ya que la aceptada por los secundarios es recirculada a la alimentación de los primarios y la aceptada por los terciarios a la alimentación de los secundarios.

Así, la única pasta rechazada es la que se obtiene de los terciarios.

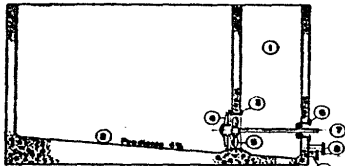
En instalaciones adecuadas la pasta que se perdería con los rechazos no debe llegar al 1% de la que se alimenta originalmente.

En general, éste tipo de limpiadores trabajan pastas de bajas consistencias (ó sea no muy espesas), mientras más bajas sean, mayor es la eficiencia de limpieza. Las consistencias más comunes - en éste proceso de limpieza se encuentran entre el 0.3% y el 1% - dependiendo de la consistencia de alimentación a la caja distribuidora.



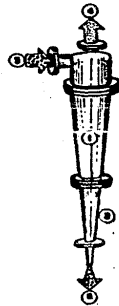
A
HOPAPULPER

- 1 - TIRA
- 2 - PLATINA
- 3 - BIELLETA
- 4 - BOTE
- 5 - GANLE SOPORTE
- 6 - BOTOBINA
- 7 - BATEREZA
- 8 - CILINDRO
- 9 - CONDUCTAS
- 10 - BASE SOPORTE



B
TANQUE GRAPERO

- 1 - V. CONCRETO ARMADO
- 2 - RECOM. INT. DE AZULEJO
- 3 - GANLE SOPORTE INTERIOR
- 4 - SOPORTE ASITADOR
- 5 - PROPELLAS
- 6 - ANILLO ESTOPERO
- 7 - TRANSMISION
- 8 - COMBION PARA BOTECA
- 9 - PARRA



C
LIMP. CENTRIZADO

- 1 - CONO SUPERIOR
- 2 - CONO INTERIOR
- 3 - ENTRADA PASTA
- 4 - SALIDA PASTA
- 5 - CONO RECHAZOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM				
I. S. S. I. M. P. E. S. T. I. G. A.				
HOPAPULPER-1 GRAPERO-LIMP. CENTRIZADO				
DISEÑÓ	REVISÓ	NOTÓ	PREPARÓ	FECHA
A. L. A. B.				1960

4.- TURBOSEPARADOR.

Como complemento en la limpieza de la pasta se utilizan los turbo separadores, que al igual que los limpiadores centrífugos, eliminan ó separan los materiales indeseables pero éstos lo hacen por medio del " tamaño " de las partículas. La pasta atravieza por -- perforaciones ó ranuras de una platina que no permite el paso de materiales de un tamaño mayor al de las fibras. Debido a que como se mencionó anteriormente, los limpiadores no entregan pasta flo - culada, la mayoría de las instalaciones de equipo de depuración y limpieza de pasta en una máquina de papel están instaladas primero los limpiadores centrífugos y después los turbos separadores, ya que éstos últimos generalmente aceptan pasta totalmente defloculada. Ver dibujo No. 5-A

5.- ESPESADOR.

La función del espesador es la de elevar la consistencia de la pulpa (quitarle agua) en relación de como sale de los procesos anteriores. El sistema de operación de los espesadores es bastante sencillo aunque debe prestarse atención con el fin de obtener una consistencia uniforme. Este está integrado por una tina semicircular y un tambor cilíndrico giratorio recubierto por una ó 2 telas de alambre de diferente malla y un soplador conectado en el interior del cilindro y cuyo objeto es desprender la pulpa que se adhiere a la malla.

Las fibras ó pulpas recuperadas que conservan prácticamente la forma y tamaño de cuando salieron del hidrapulper, pasan al tanque de

pasta espesada mientras que el agua separada se recircula en el proceso. Ver dibujo No. 5-B.

6.- TANQUE DE PASTA ESPESADA.

La finalidad del tanque de pasta espesada como la mayoría de los tanques, es tratar de mantener un nivel constante para evitar variaciones en el suministro de pasta y problemas de cavitación en las bombas.

7.- CAJA DE PASTA ESPESADA.

Este es un equipo que puede considerarse opcional, ya que con ella se busca darle una mayor versatilidad al proceso sobre todo cuando se trata de sistemas donde se manejan 2 ó más capas en forma simultánea. Dicha caja está formada por un canal de entrada y salida en forma independiente para cada sistema (Ver dibujo No. 5-C), sin embargo se puede hacer cualquier tipo de combinaciones pasando de un sistema a otro por un sencillo sistema de compuertas manuales, logrando con esto mayor rapidez en el cambio pero sobre todo un considerable ahorro económico de válvulas y accesorios. La pasta sobrante se recircula al tanque de pasta espesada mientras que la aceptada pasa al proceso de refinación.

8.- REFINADOR.

Podríamos considerar a éste equipo como clave dentro del proceso de la formación de la fibra para la obtención del papel, ya que es en esta parte precisamente en donde ya se le da a las fibras anteriormente separadas el promedio de longitud deseado y el grado de hidra

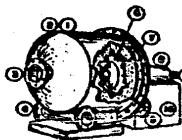
tación 6 consistencia.

Las consistencias menores a 2% deben ser evitadas ya que ésto causará exceso de fibras cortas provocando roturas en la formación del papel en los procesos siguientes y reducirá considerablemente la vida de los discos refinadores. Las consistencias entre el rango de 3.5% a 4.5% son las más recomendables para las fibras de pulpa de madera.

Es muy importante que a éstos equipos se les mantenga con una consistencia y presión uniformes para lograr los mejores resultados, por lo que normalmente se les provee de controles automáticos que mantienen dichas condiciones constantes, llegando incluso y dada su importancia a adaptarles computadoras para tales efectos.

Aunque existen diferentes tipos de refinadores en la actualidad lo más recomendables son los de disco (Dibujo No. 5-D), ya que permiten un mejor "refinamiento" con menor consumo de energía. Además su sistema de distribución hace que la pulpa llegue a 2 superficies de refinamiento iguales ofreciendo el doble de capacidad del refinador estandar de un solo disco de diámetro equivalente.

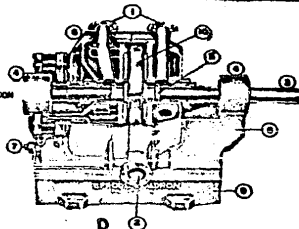
El mecanismo de refinación consiste en un juego de rotor de eje flotante que gira entre 2 secciones no rotativas, una fija y la otra controlada por 2 cilindros hidráulicos. Los platos refinadores están montados en el lado frontal de cada una de las secciones no rotativas con el objeto de lograr un desfibrado profundo y un corte de la fibra al tamaño requerido para el proceso de fabricación.



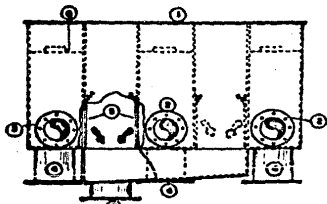
A
TURBOPARADOR

- 1 - CUERPO
- 2 - ENTRADA PASTA
- 3 - MECANISMO LIMPIADOR
- 4 - MECANISMO PESADOR
- 5 - SALIDA PASTA
- 6 - ROTOR
- 7 - PLACA GARRANDEADA
- 8 - CAJA DE MECANISMOS
- 9 - TRANSMISION
- 10 - BASE

- 1 - ENTRADA PASTA
- 2 - SALIDA PASTA
- 3 - TRANSMISION
- 4 - CAJA DE BILEROS
- 5 - CREAMER ROTOR
- 6 - CARCAZA
- 7 - TORNILLO DE RETRACCION
- 8 - PLACA DE SEGURIDAD
- 9 - BASE
- 10 - ROTOR

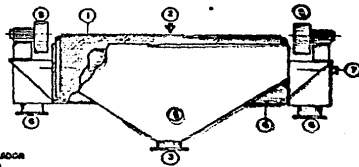


D
REFINADOR DE QUESO



C
CAJAS DISTRIBUIDORAS DE PASTA

- 1 - CAJAS
- 2 - ENTRADA PASTA
- 3 - SALIDA PASTA
- 4 - RECALCULACION
- 5 - COMPUERTAS
- 6 - COMPUERTAS CONTROL NIVEL



B
ESPESADOR

- 1 - CILINDRO ESPESADOR
- 2 - ENTRADA PASTA
- 3 - SALIDA PASTA
- 4 - CAJA DEL CILINDRO
- 5 - VENTILADORES
- 6 - SALIDA DE AGUA
- 7 - TRANSMISION
- 8 - VOLVA DE DESCARGA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.			
UNAM		FACULTAD DE INGENIERÍA	
EXAMEN DE TESIS PROFESIONAL			
TURBOPARADOR - ESPESADOR - CAJAS DISTRIBUIDORAS DE PASTA - REFINADOR DE QUESO.			
DISEÑADOR:	ESCALA:	FECHA:	HOJA N.º
A.L.A.P.			8

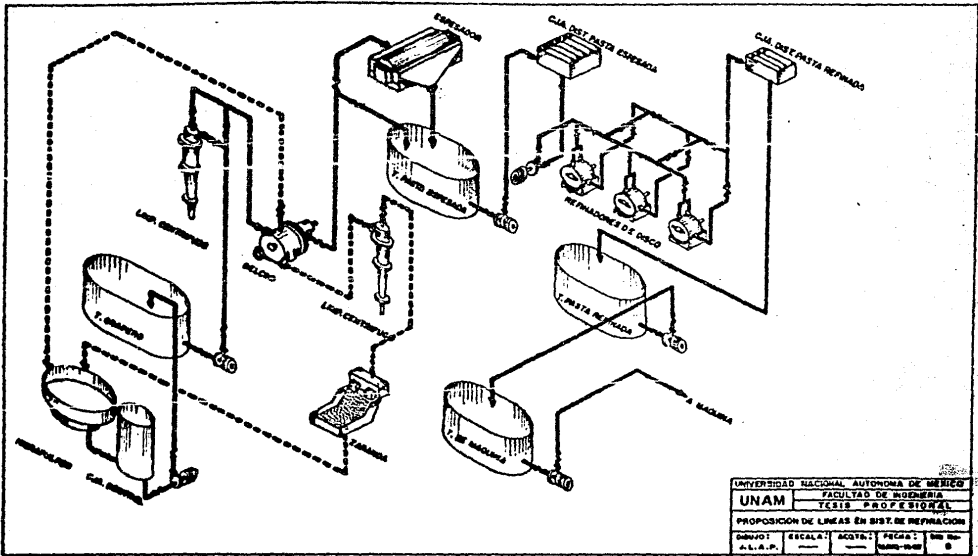
La distribución de la tubería puede ser opcional dependiendo de las necesidades de cada máquina, pero una alternativa puede ser la sugerida en el Dibujo No. 6 ya que nos permite trabajar con el 6 los refinadores que se desee ya sea en serie ó paralelo.

9.- CAJA DE PASTA REFINADA.

Trabaja exactamente igual que la caja de pasta espesada 7, solo que en éste caso la pasta aceptada es mandada al tanque de pasta refinada 10, el cual tiene la misma función del tanque descrito en el punto No. 6 y de donde es bombeada a la caja de nivel.

11.- CAJA DE NIVEL.

Este equipo es de suma importancia, ya que aunque es muy sencillo en su construcción se debe tomar en cuenta con suma precisión la cantidad de pasta que debe manejar y la " cabeza " ó altura que requiere la bomba a que se manda dicha pasta, ya que es el último paso antes de entrar a la caja de alimentación la cual requiere que se mantenga una alimentación y presión constantes para lograr uniformidad en su distribución.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
UNAM FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS - PROYECTO
 PROPOSICION DE LINEAS EN BIST. DE REFINACION
 DISEÑO: ESCALA: ACOTAS: FECHA: 1950-1952
 A.L.A.P. 8

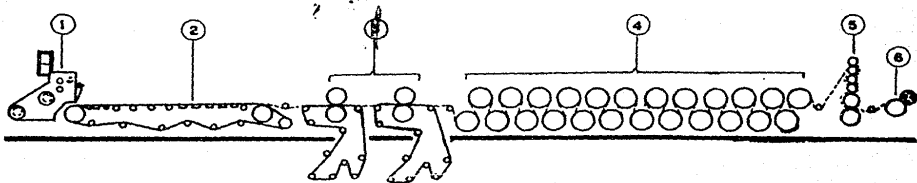
ii) FORMACION.

Antes de entrar a describir en detalle las diversas partes de ésta nueva etapa, es necesario recalcar algunos factores fundamentales que se requieren para una buena formación de papel ya que estamos en el punto exacto de enlace entre las características de pasta - que debieron haberse obtenido en el equipo descrito anteriormente y lo que es la etapa formativa en sí que se describirá a continuación.

Las principales características que deben cumplirse son:

- a) Calidad de la pulpa.
- b) Consistencia de la pulpa en la caja de entrada
- c) Capacidad de drenado (freeness) de la pulpa
- d) F H de la pulpa
- e) Temperatura de la pulpa
- f) Altura ó nivel (Cabeza) de la bomba a la caja de entrada
- g) Clase de malla ó tela
- h) Velocidad de la máquina
- i) Cantidad y diámetro de los rodillos de la mesa de formación
- j) Longitud de tiros entre secciones.
- k) Capacidad de vacio en los sistemas de succión.

Las partes que integran ésta nueva etapa son como se indica en el Dibujo No. 7:



- 1 - CAJA DE ENTRADA
- 2 - MESA DE FORMACION
- 3 - PENSAS
- 4 - SECADORES
- 5 - CALANDRA
- 6 - ENROLLADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
		TESIS PROFESIONAL		
DIAGRAMA DE FLUJO PARA FORMACION DE PAPEL				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB. No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987	7

1.- CAJA DISTRIBUIDORA DE ENTRADA DE PASTA.

Es una unidad distribuidora de flujo de paso múltiple donde la distribución del material de la tubería al ancho de la máquina se hace muy gradualmente. Esto ha requerido una unidad de paso múltiple debido, más que todo al factor espacio. En ésta unidad cada uno de los pasos de distribución tiene un ángulo gradual de dispersión y su área se reduce progresivamente de la entrada a la salida.

La caja cuenta en su interior con un sistema de rodillos giratorios perforados llamados comunmente "rodillos mata bolas". El propósito de éstos rodillos es romper los flóculos que se filtraron y reducir los remolinos desde el interior de la caja.

De la buena ó mala distribución que se logre de ésta caja, depende en un alto porcentaje la calidad del papel, ya que aquí se inicia propiamente la formación de la hoja de papel, Ver Dibujo No. 8-A

2.- MESA DE FORMACION (FOURDRINIER) Ver Dibujo No. 8-B

Está integrado básicamente por:

Tela: Es en donde se depositan las fibras, es una banda sin fin que puede ser de bronce ó de algún otro material sintético (básicamente hilos de nylon) y está soportada sobre la mesa de formación que viaja alrededor de dos grandes rodillos, el cilindro de pecho y el cilindro couch.

Cilindro de Pecho: Es un cilindro sólido localizado en el extremo donde se encuentra la caja distribuidora y sirve como soporte de la tela.

Forming Board: Es una caja con 3 ó 4 tiras de material plástico que hacen la función de una cuchilla. Se utiliza para lograr una mejor formación de la hoja y se localiza entre la prensa de pecho y el primer cilindro desgotor. Se sitúa en éste espacio para evitar que el drenado sea demasiado brusco.

Rodillo Desgotador: Es un rodillo de acero recubierto de hule ó de fibra de vidrio con el objeto de protegerlo contra la corrosión. Un rodillo desgotador al girar y al estar en contacto con el lado inferior de la tela, ocasiona una zona de baja presión en la superficie de contacto entre el rodillo y la tela que hace que la pasta que vá sobre ésta región drene agua a través de la tela.

Se deben mantener velocidades adecuadas para evitar que muchas fibras sean arrastradas en forma vertical a través de la tela y otras sean atraídas por sus extremos sobre la misma tela.

El efecto que causa la succión sobre las fibras en formación y por el contacto con la tela en la que se transporta origina un acabado burdo y fibroso.

Se dispone de dos soluciones prácticas para evitar éste problema:

- 1.- Sustitución de los rodillos desgotadores ordinarios por rodillos desgotadores ranurados.
- 2.- Cuchillas drenadoras estacionarias.

Los rodillos desgotadores ranurados están recubiertos de hule en -

cuya superficie tiene una serie de angostas ranuras.

Las ramuras producen dos efectos: Reducen la superficie del rodillo en contacto con la tela y limitan las fuerzas de succión a un nivel inferior al de un rodillo convencional.

La cuchilla drenadora estacionaria consiste de un elemento que hace contacto con la tela, el cual tiene forma de cuchilla en el borde de lantero y se separa gradualmente de la tela hacia el borde trasero.

DEFLECTORES.- Se usan para evitar que el agua que está drenando los rodillos desgotadores retorne a la tela por acción de la fuerza centrífuga que están desarrollando.

CAJAS PLANAS DE VACIO.- El uso de éstas cajas con vacío ayuda a sacar más agua de la mesa de formación. Normalmente las primeras cajas de succión remueven una gran cantidad de agua.

El vacío de las cajas va de menos a mas.

CILINDRO COUCH.- El cilindro couch es hueco y perforado. Tiene una cámara de vacío en su interior que ayuda a remover - más agua y generalmente es el que proporciona movimiento a la tela.

CILINDRO DE RETORNO.- Ayuda a que la tela viaje de regreso hacia el cilindro de pecho.

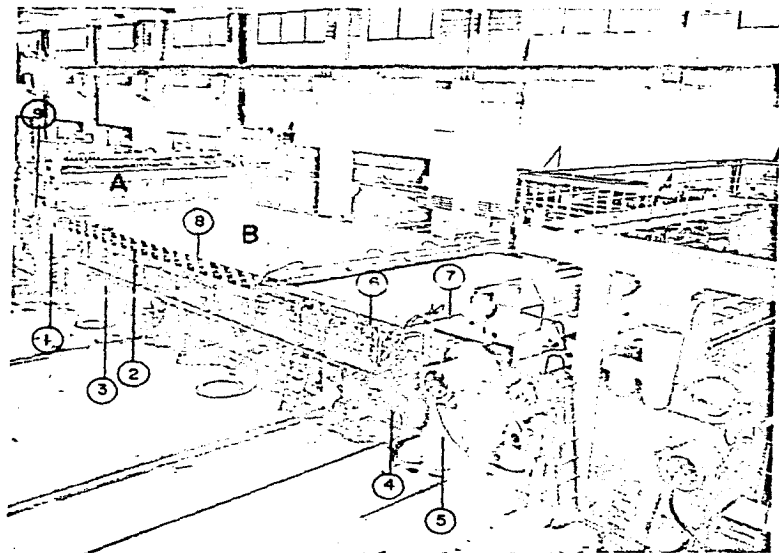
CILINDRO REGULADOR.- Tiene la función de hacer que la tela viaje en una sola dirección sin desplazarse hacia los lados.

CILINDRO TENSOR.- Proporciona la tensión adecuada a la tela para - evitar que patine sobre los elementos de la mesa de formación.

SISTEMA DE LIMPIEZA.- Generalmente se tiene una regadera de alta presión oscilatoria ayudando a que la tela permanezca con su malla bien destapada.

Se tienen también cuchillas que permiten mantener - los cilindros de retorno limpios en su superficie. También los rodillos están provistos de regaderas de abanico para mantener la superficie del rodillo de retorno sin ninguna impureza.

Fundamentalmente, el objetivo de la mesa de formación es precisamente lograr una buena estructura en la forma en que están entrelazadas las fibras. Se dice que una hoja de papel tiene una buena formación con respecto a otra porque tiene menor número de líneas ó ninguna (producidas por diferencia de densidad básicamente), pocas ó ninguna burbuja (producidas por excesiva velocidad que no permite un drenado adecuado), pocas ó ninguna partes más claras ó más oscuras. También determina la buena ó mala formación el uso final que se le vaya a dar al papel.



- 1 - RODILLO DE PECHO
- 2 - RODILLOS DESGOTADORES
- 3 - RODILLO GUIADOR
- 4 - RODILLO DE RETORNO
- 5 - CILINDRO DE SUCCION
- 6 - CAJAS DE SUCCION
- 7 - CORTADORES
- 8 - MALLA SINFIN
- 9 - RODILLOS MATABOLAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM				
TESIS PROFESIONAL				
A.- CAJA DE ENTRADA B.- MESA DE FORMACION				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J.L.A.-P.	—	—	MAYO-1987	8

3.- PRENSAS.- Ver Dibujo No. 9-A

La sección de prensas está compuesta por lo general de dos de ellas. Cada una consta de dos rodillos principales (superior e inferior) y de rodillos auxiliares para el acondicionamiento del fieltro.

Los rodillos superiores están recubiertos con un tipo de pasta llamada "Stonite" y los inferiores con caucho. Estos últimos son perforados y tienen cada uno, una caja interior de succión la cual es movible con el fin de variar el área de succión de acuerdo a las necesidades. Cada prensa tiene su correspondiente bomba de succión y su vacuómetro indicador de la misma. Igualmente, hay una instalación de gatos neumáticos para cada prensa que permite levantar los rodillos superiores ó ejercer presión sobre ellos.

La tarea asignada a un fieltro es absorber el agua contenida en el papel, reduciendo al porcentaje de agua en la hoja tanto como sea posible, es decir evitando el aplastamiento.

La sustitución de las prensas de rodillos lisos por prensas aspirantes en la primera y segunda prensa de máquinas de alta velocidad -- significó un importante avance técnico en la Industria Papelera, ya que el trabajar con rodillos lisos solo permite aumentar la velocidad y la presión hasta ciertos límites, de lo contrario provocarían efectos negativos en la calidad del papel fabricado, como pueden ser marcas de orificios del fieltro entre otros.

Debemos recalcar entonces que las funciones básicas de las prensas son:

1.- La de remover el agua. A mayor cantidad de agua removida por las prensas mayor será la eficiencia de las mismas.

2.- La de equilibrar el contenido de humedad en el papel para que el secamiento, en la sección de secadores sea uniforme y por lo tanto pueda formarse un material con un contenido de humedad homogéneo, ambos casos indispensables si queremos lograr una mayor -- producción y mejor calidad en la producción de papel.

4.- SECADORES.

Son cilindros formados de hierro fundido maquinados interiormente, torneados y rectificadas exteriormente y concéntricos con las chumaceras. Las tapas están aseguradas por medio de pernos de acero de alta resistencia. Los ejes son de acero forjado introducidos en las tapas mediante presión hidráulica y sostenidos con pasadores. Los ejes están así mismo, adaptados para girar sobre rodamientos - antifricción y los correspondientes al lado transmisión están acondicionados para recibir engranajes conductores y las juntas de vapor. Cada secador tiene agujeros de inspección con sus respectivas tapas y están balanceados dinámicamente.

Conectada a la extensión del eje de cada secador y soportada de la caja del engranaje hay una junta de vapor sin aceite, con discos de empaque de grafito a prueba de vapor que permite la entrada del mismo al secador y la remoción de agua de condensación por medio de un sifón de tipo giratorio. Cada sifón está colocado rígidamente en el interior del secador, en el extremo del sifón está una especie de cámara que facilita la salida del condensado, junto con el sifón hay una boquilla especial para distribuir el vapor uniformemente en el interior del secador.

La función principal de una parte secadora es la de recibir la hoja

húmeda y entregarla más seca a la siguiente parte, gradualmente has ta llegar generalmente a la calandra.

La transmisión del calor para evaporación de agua del papel se e-fectúa en un sistema convencional de tres maneras; por conducción, una pequeña parte por convección y una más pequeña por radiación.

Otro efecto de los cilindros secadores (Dibujo No. 9-B) es hacer la hoja plana a base de presionarla por medio de un fieltro ó lona sobre la superficie del secador, de lo contrario tendríamos una - hoja arrugada y de mala calidad.

No menos de una tercera parte de toda la inversión en una máquina de papel para diarios se relaciona con sección de secadores y los costos de operación del secado son elevados.

5.- SISTEMA DE CALANDRADO.

Después de salir el papel del último secador entra a la calandra. Esta se usa fundamentalmente para darle al papel el acabado deseado en la superficie y para corregir las diferencias de calibre en el mismo. Consta regularmente de 6 rodillos: Un rodillo inferior que se denomina rodillo rey. El inmediato superior es el rodillo-reina. Los rodillos siguientes se denominan rodillos intermedios. El último rodillo se conoce generalmente como rodillo jinete .

A algunos rodillos se les maquina una curvatura ó "coronamiento" que sirve para mantener un espacio uniforme a todo lo largo entre éste rodillo y el siguiente debido al pandeo que sufre éste último debido a su propio peso. Cada uno de los rodillos con excepción del último, están provistos de una especie de cuchilla llamada "Doctor", sujeta con un mecanismo manual ó automático que permite ajustar al rodillo y levantarlo cuando así sea necesario. Esta cuchilla hace

Las veces de raspador y mantiene al rodillo completamente limpio a la vez que impide que el papel se adhiera y enrolle en el mismo. Se dispone también de una charola conocida como "Canoa" para cera con el fin de dar mejor acabado y una mayor docilidad al papel, A medida que se aumenta la presión en los rodillos, el papel irá adquiriendo una superficie más suave, a la vez que irá rebajando el calibre ó sea adquiriendo una mejor densidad.

Aunque el funcionamiento es sencillo, éste equipo es de vital importancia para el acabado y apariencia del papel, por lo cual lo he adoptado como tema central de éste estudio el cual analizaré en detalle un poco más adelante.

6.- ENROLLADORA.

La enrolladora ó reembobinadora (Dibujo No. 9-C) es la máquina que sirve para enrollar el papel de acuerdo con los diámetros y anchos especificados por los clientes.

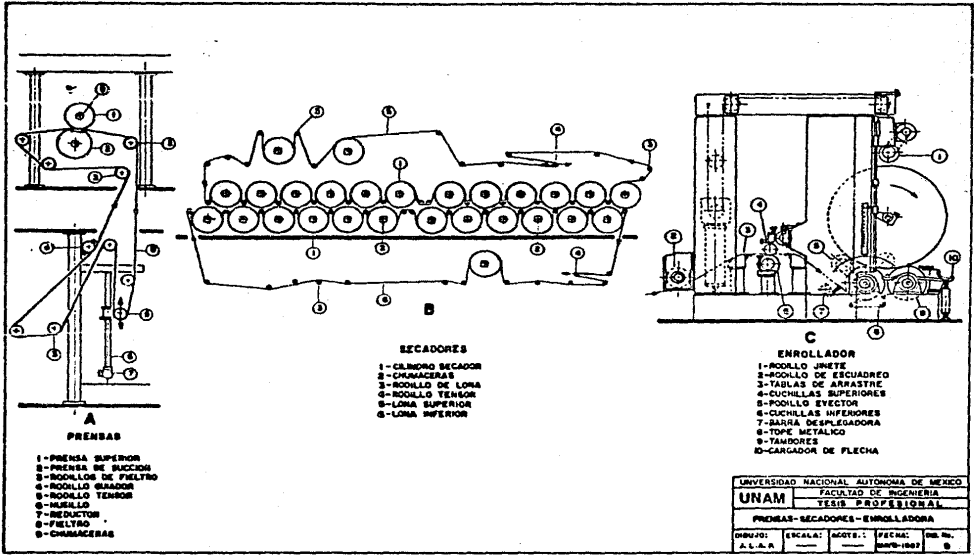
La enrolladora consta de las siguientes partes principales:

Dos rodillos metálicos (tensores) cuyo fin es el de tensionar el papel, el segundo de ellos está provisto de un sistema de ajuste vertical para poder compensar tensiones variables del papel, producidas generalmente por calibre heterogéneo del mismo.

Dos rodillos principales, ambos con astrías. La relación de velocidad de éstos rodillos puede variarse de acuerdo al papel con el fin de obtener un rollo con buen ajuste.

Estos rodillos están movidos por un motor eléctrico.

Un rodillo superior ó presionador con su correspondiente mecanismo para subirlo ó bajarlo normalmente y provisto, igualmente de pesas para aumentar o disminuir su presión sobre el rollo y hacer que éste quede más ó menos tensionado. Ocho cuchillas inferiores de doble filo las cuales pueden deslizarse en la dirección necesaria de acuerdo a los anchos de los rollos que se desean obtener . Ocho juegos de soportes para sostener las cuchillas superiores y provistos de aditamentos que permiten mover las cuchillas en todas las direcciones para un mejor ajuste sobre las inferiores. Cuatro brazos soportados por un eje el cual es accionado neumáticamente y cuyo fin es el de bajar los rollos ya terminados.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL				
PRESAS-SECADORES-ENROLLADORA				
DISEÑO:	ESCALA:	NOTAS:	FECHA:	DEL NO.
A.L.A.A.			1969-1967	8

II-d) MATERIAS PRIMAS.

La pulpa para la fabricación de papel puede provenir de diferentes plantas cuyas unidades estructurales huecas están formadas por paredes que encierran una cavidad tubular ahuecada en forma de cañón de pluma y que se conoce en la tecnología del papel como "Fibra". Las plantas ó partes de las plantas que se utilizan para fabricar pulpa deben contener cantidades adecuadas de dichas fibras, en cuyas paredes contienen gran cantidad de celulosa en varios estados ó grados de pureza. En el proceso de la fabricación de la pulpa - las fibras son separadas por medios químicos ó mecánicos es decir, utilizando productos químicos en el primero de los casos, ó medios mecánicos de molienda en el segundo de los mismos. De acuerdo a lo anterior, las pulpas para la fabricación de papel pueden dividirse en químicas y mecánicas de acuerdo al procedimiento empleado en su fabricación. (existe un término medio, la pulpa semi-química, en la cual intervienen agentes químicos y mecánicos).

Puede decirse que las propiedades del papel producido dependen de la longitud, diámetro, flexibilidad, resistencia y otras características de las fibras utilizadas en la elaboración de la pulpa. La madera es, con mucho, el material más usado en la fabricación de la pulpa para papel. Los abetos, así como las demás coníferas tienen la supremacía como suministradores de Fibras largas y fáciles de blanquear.

A pesar de lo anterior y debido no solo a la creciente demanda del mercado de papeles, sino a la abundancia de maderas duras y el rápido ciclo de crecimiento de las mismas, éstas están siendo objeto

de una demanda cada día mayor.

Las celdas tubulares ó fibras de la madera están colocadas firmemente unas sobre otras y siguiendo generalmente, la dirección del tronco de las plantas ó de las ramas, es decir paralelas a éstos. Por sus propiedades generales éstas celdas determinan las propiedades de las maderas que forman. Si las paredes de las celdas son en general delgadas la madera será de poco peso y relativamente débil. Por el contrario, las maderas que son pesadas y fuertes se caracterizan por sus paredes gruesas.

Para efecto de la fabricación de la pulpa, las maderas ó árboles se dividen en dos clases a saber:

- a) Maderas suaves, grupo que comprende árboles y arbustos que encierran sus semillas en pequeños recipientes y entre las cuales se encuentran las coníferas entre las más importantes.
- b) Maderas duras, las cuales encierran sus semillas en algún tipo de fruto y entre las cuales podemos incluir a la mayor parte de las maderas tropicales.

La madera es un material heterogéneo tanto química como anatómicamente. Cada pedazo de madera contiene varios elementos químicos entre los cuales los tres más importantes son: Celulosa, Hemicelulosa y Liginina. Los dos primeros, tomados colectivamente, son generalmente llamados Holocelulosa. También se encuentran presentes en la madera pequeñas cantidades de materias minerales y otra gran cantidad de materias extractables con agua ó con solventes orgánicos tales como el alcohol, el éter, etc.. Entre las sustancias que pueden considerarse como cuerpos ó componentes extraños de la madera se pueden mencionar los siguientes:

Materias colorantes, aceites, grasas, carbohidratos solubles en agua, etc.

La celulosa es el componente principal de todas las maderas y por lo tanto de las pulpas de madera. Esta sustancia blanca y fibrosa, es insoluble en agua ó en solventes orgánicos y tiene una gran resistencia a la tensión.

Con pocas excepciones, la lignina es el segundo componente de la madera, con un promedio aproximado del 28% en las maderas blandas y 24% en las maderas duras. Su función principal es tener unidas entre sí a las fibras, es decir que actúa a manera de cemento ó aglutinante. Por consiguiente para poder separar las fibras es necesario remover la lignina y ésto se hace en el proceso químico (normalmente permanganato), por medio de ácidos u otro tipo de agentes.

Desafortunadamente en nuestro territorio cada vez es más difícil conservar los bosques y en consecuencia lograr obtener celulosa de buena calidad, por lo que tenemos que depender todavía de la importación principalmente de Canadá y E.U.

PAPEL DE DESPERDICIO.- Estos se usan en un gran porcentaje en la fabricación de papel tipo Kraft y se obtiene de diferentes fuentes desde el pepenador a gran escala, hasta el papel de desperdicio de importación. Naturalmente de la calidad de éstos desperdicios depende la misma del nuevo papel manufacturado.

PRODUCTOS QUIMICOS.- Este es uno de los elementos que juegan un papel importante en la elaboración del papel, ya que su uso permite darle al mismo, las condiciones requeridas de resistencia, humedad,

color, etc. de acuerdo con los usos a que se vaya a destinar. Entre los más importantes tenemos:

RESINA.- La resina que se usa en general, proviene de la destilación de la goma que secretan ciertos tipos de árboles. Los productos químicos usados en la producción de las pulpas por este sistema, disuelven parte de las resinas que se encuentran en la madera las cuales se separan del licor como sales de sodio ó jabones. Estos jabones, al tratarse con ácido producen un aceite que contiene ácidos resinosos.

Por medios químicos ó físicos éstos ácidos se separan y generan la resina.

La resina sola no produce ningún efecto impermeabilizante mientras no se adhiera a las fibras, por lo tanto es necesario precipitarla y para ello se usa ácido (normalmente se usa el sulfato de aluminio ó alumbra).

ALUMBRE.- El sulfato de aluminio ó alumbre es un producto químico ácido y suele venir en polvo ó en forma granulada, ó a veces líquida. Como ya se dijo antes sirve para precipitar la resina una vez que ésta ha sido aplicada a la fibra. El alumbre sirve además para controlar el PH de la pulpa y debe agregarse siempre lo más cerca posible antes de entrar a la máquina Fourdrinier.

SODA ASH. La soda ash ó carbonato de sodio se usa para rebajar el grado de acidez del agua blanca hasta un PH neutro ó ligeramente alcalino.

COLORANTES.- Los colorantes usados para el papel pueden dividirse en 3 clases, a saber: ácidos, básicos y directos.

Colorantes ácidos.- Este tipo de colorantes requiere del alumbre para fijarlo a las fibras. Con pocas excepciones, el PH óptimo para éstos colorantes es de 4.5 a 6. En la mayor parte de las veces pueden agregarse en polvo directamente a la pulpa debido a su buena solubilidad, razón ésta por la cual se utilizan bastante en las calandras ó en otro sistema de coloración superficial del papel.

Colorantes básicos.- Este tipo de colorantes se distingue por subrilantes y economía, aunque tienen el defecto de ser poco resistentes a la luz. Por ésta razón se utilizan generalmente en pulpas mecánicas y sin blanquear, ya que además tienen una afinidad natural con la lignina no siendo por lo tanto, indispensable ningún ingrediente que los ayude a fijar a las fibras. Estos colorantes tienen tendencia a darle al papel una apariencia áspera la cual puede prevenirse diluyéndolos bien en agua fría antes de agregarlos a la pulpa. El grado óptimo de PH para éstos colorantes es de 5 a 6.

Colorantes Directos.- Estos colorantes tienen una afinidad natural con las fibras de celulosa. Cuando se trata de tonos oscuros ó fuertes es recomendable agregar de un 5% a un 10% de sal común a la pulpa y calentarla con el fin de obtener el máximo de retención del colorante. A éstos colorantes hay que darles tiempo suficiente para que se disuelvan bien antes de agregar el alumbre. El PH recomendable es de 4.5 a 5.5 Como éstos colorantes no son suficientemente solubles no se recomienda su uso en las calandras.

OTROS.- Aunque el agua y la electricidad, entre otros, son insumos indispensables y de vital importancia para la fabricación del papel debe bastar con solo mencionarlos, ya que debido precisamente a la magnitud de su importancia deben ser tratados como temas independientes, basta solo decir que el consumo de agua en este tipo de industrias es tan grande que es lógico comprender que no es posible consumir directamente del exterior el total de estos insumos, por lo que, tanto en el agua como en la energía eléctrica - es necesario disponer de recursos propios, en el primero de los casos con una planta de tratamiento de agua para recuperar lo más posible y en el segundo con una planta generadora de energía eléctrica.

II-e) CONTROL DE CALIDAD

Las características más importantes del papel pueden dividirse en:

FISICAS.- Las propiedades ó características físicas del papel, comprenden el calibre (grosor), peso, densidad, dureza, rigidez y tensión.

OPTICAS.- Las ópticas incluyen transmisión, absorción y reflexión de la luz.

QUIMICAS.- Las químicas, abarcan al PH, contenido de humedad, y - contenido de Alpha-celulosa.

ELECTRICAS.- Las eléctricas hacen relación a la fuerza dieléctrica, capacidad inductiva específica y conductiva eléctrica.

PRUEBAS QUE SE HACEN AL MATERIAL.- Las pruebas inicialmente hechas al papel y que pudieran denominarse manuales, tienen aún una relativa aplicación a pesar de que han sido desplazadas por los nuevos sistemas técnicos que se basan en instrumentos de precisión y que permiten establecer las características mencionadas de una manera matemática y precisa. Estos ensayos manuales son los que se realizan mediante el tacto, la vista y el oído, casi siempre se logran solo con la experiencia y únicamente permiten apreciar la calidad del papel de una manera bastante vaga. Así, por ejemplo, mediante el tacto podemos darnos cuenta de la suavidad del papel y si la persona tiene bastante experiencia, puede determinarse de una manera muy aproximada el calibre ó grosor del papel. De modo similar, podemos más ó menos apreciar la rigidez del papel de acuerdo con el sonido que origina al sacudirlo y la resistencia que oponga cuando lo doblamos.

ENSAYOS ARBITRARIOS.- Muchos de los ensayos usados comúnmente para determinar las cualidades del papel son arbitrarios y se designan así por la realización con instrumentos de diseño arbitrario. Estos ensayos generalmente sirven para determinar propiedades complejas del papel ó sea una combinación de algunas propiedades fundamentales. Por su naturaleza compleja, los resultados obtenidos por medio de éstos ensayos no pueden relacionarse con las operaciones de fabricación del mismo, a menos que la persona que los efectúa tenga una considerable experiencia.

ENSAYOS FUNDAMENTALES.- Los ensayos fundamentales suministran una información básica acerca de la estructura del papel la cual es fácilmente relacionada con la operación de fabricación. Las propiedades fundamentales son independientes de las dimensiones, procedimientos ó diseños de los instrumentos.

Algunas propiedades fundamentales del papel son: densidad, dureza, absorción de la luz, resistencia a la tensión y calibre. La importancia de las pruebas fundamentales estriba en que, una vez que las características básicas son perfectamente comprendidas, se pueden determinar la utilidad ó uso al cual puede destinarse el papel.

MUESTRAS.- Antes de proceder a practicar cualquier prueba al papel es necesario tener muestras que sean representativas del mismo. Por ejemplo, las pruebas que se hicieron a un rollo de papel habiendo tomado únicamente muestras de las capas superiores, no podrían considerarse como representativas del rollo, puesto que no se tuvo en cuenta la parte del mismo situada cerca del eje, ni la parte intermedia donde el papel puede haber salido con características diferentes. Por éso es de suma importancia que las muestras sean una representación lo más acertada posible del ma-

terial que se quiere probar.

Una vez sacadas las muestras, éstas deben resguardarse de todo aquello que pueda alterar sus características, como por ejemplo, - del exceso de calor y del contacto con los líquidos, procurando, igualmente, evitar el contacto con las manos en cuanto sea posible, sobre todo cuando van a hacerse pruebas ópticas, ya que las huellas digitales pueden afectar las características de la muestra. No debe hacerse ninguna prueba en un área de papel con manchas de agua, mugre, grasa ó cualquier otra imperfección.

La luz tiene, relativamente, poco efecto sobre el papel a menos - que éste sea excesivamente viejo. En cambio, la humedad, lo afecta considerablemente sobre todo en relación con las propiedades físicas y eléctricas.

CARAS DE PAPEL.- El papel tiene dos caras: la superior (top) ó sea lo que ha estado en contacto con el rodillo superior de las prensas y la inferior (bottom), ó sea lo que estuvo en contacto con la malla. La superior se distingue por que tiene una textura más fina y por lo tanto más suave, en tanto que la inferior es generalmente más porosa y por consiguiente menos suave.

Esto se debe a una diferencia en la composición de la pasta y a la formación de las fibras en cada uno de los lados y la diferencia - de las marcas que hacen los fieltros y la malla en la superficie - de cada lado.

MACHINE Y CROSS DIRECTION (M.D. - C.D.) El papel tiene un tejido definido, el cual es debido:

- 1.- A la mayor orientación de las fibras en la dirección en que se mueve la máquina.

2.- A la tensión que soporta el papel en ésta dirección durante el período de secamiento. Esta dirección del tejido es la que se denomina "Machine Direction". La "Cross Direction" es la dirección del tejido perpendicular a la "Machine Direction".

Estas direcciones del tejido del papel deben tenerse en cuenta al hacer las pruebas de cualidades físicas. Así, cuando se mide la tensión, doblez, rasgado, etc. Se deben cortar tiras de papel en ambas direcciones (M.D.-C.D.) para poder determinar las condiciones en cada una de ellas.

Igualmente debe tenerse en cuenta la dirección del tejido cuando se vayan a determinar ó medir las características ópticas (brillantes, etc.).

La relación M.D.-C.D. varía en los diferentes papeles y cartones. Por ejemplo, en los molinos de cilindros la relación M.D.-C.D. es mayor que en los molinos fourdrinier, es decir, hay una mayor cantidad de fibras alineados en dirección a la máquina (M.D.) que en dirección C.D., variando ésta de acuerdo con el tipo de papel. Generalmente el papel en éstos molinos tiene de 1.5 a 2 veces más tensión M.D. que C.D. - Según algunos estudios realizados se puede determinar que las fibras del lado inferior (junto a la malla) están alineadas (en un mayor porcentaje) en dirección M.D. (Aproximadamente 10 veces mas en dirección M.D. que C.D.).

Por el contrario, en el lado superior del papel las fibras están distribuidas uniformemente en ambas direcciones. Naturalmente las condiciones antes anotadas varían en los diferentes tipos de papel y de acuerdo con la formación que se dá a los mismos es decir, la relación entre las velocidades del flujo y de la malla, la tensión que se da a la hoja cuando aún esté húmeda, etc.

PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL.

PESO BASICO. - El peso es el requisito ó especificación más usual en el papel, ya que éste se vende con base en el mismo. El peso - del papel se expresa por unidad de área en vez de unidad de volúmen como sucede con la mayor parte de los otros materiales, ya que el papel se utiliza en forma de hoja y el área, en éste caso, es más importante que el volúmen.

El consumidor que compra en hojas ó en rollo presta una gran atención al peso básico del mismo, puesto que, si el papel tiene un peso básico mayor que el estipulado, al contarlo en hojas (si éste es el fin a que se destina) tendrá un número menor de las mismas; ó si van a fabricar sacos resultará una cantidad menor, etc.

En caso contrario, (peso básico menor que el estipulado) resultará un mayor número de hojas ó sacos, pero rebajarán las características de resistencia, opacidad, rigidez, etc.

Por lo general el fabricante se inclina por sacar el papel con un peso un poco mayor que el standard, en tanto que el consumidor -- quiere recibirlo con un peso un poco menor. Debido a lo anterior se han establecido algunas tolerancias con respecto al peso básico, referencias éstas que generalmente son de un 5% de más ó de menos es decir, que un papel cuyo peso standard es de 81 gramos generalmente salvo en casos especiales, es aceptado por el comprador tanto si tiene 77 gramos, como si tiene 85 gramos.

Existen diferentes escalas ó sistemas para checar el peso de los materiales, de los cuales solamente se hará mención de 3 de ellos

que son los que están siendo usados, a saber:

- 1^a. Peso en libras americanas por mil hojas de un pie cuadrado ca da una (12" x 12").- Por ejemplo: Cuando se dice que el peso de un cartón es de 80/1000 quiere decir, que tomando 1000 ho- jas de un pie cuadrado cada una de dicho cartón ó papel, pesa rán 80 libras americanas. Este tipo ó standard de peso se usa para todos los materiales del molino de cilindros, como son el Cylinder Liner, cartones grises, cartones blancos y para los - Krafft liners y corrugado medio del molino Fourdrinier.
- 2^a. Peso en libras americanas por 500 hojas de 24" x 35" cada una. Así, cuando se dice que un papel tiene un peso de 50/500 indi ca que 500 hojas de 24" x 36" cada una, pesan 50 libras ameri canas.
- 3^a Peso en gramos por metro cuadrado.- Este tipo de peso es usado generalmente por el servicio de ventas, ya que los clientes es tán más familiarizados con él. Así por ejemplo, cuando se dice que un papel es de 90 gramos, quiere éllo decir que un metro - cuadrado de dicho papel pesa 90 gramos.

FACTORES QUE AFECTAN EL PESO BASICO.- El peso básico del papel se determina en la máquina mediante el control de:

- a) Consistencia de la pulpa que va a la caja de entrada. Si la con sistencia baja, el peso básico bajará y viceversa.
- b) El rango del flujo (cantidad) de la pulpa que va a la máquina.
- c) Velocidad del molino. Si se aumenta la velocidad sin aumentar ninguno de los factores anteriores bajará el peso básico y vice versa.

HUMEDAD DEL PAPEL.

Como se ve, son varios los factores que pueden afectar el peso básico general del papel, También hay otros factores como son el secado homogéneo y la mala formación que afectan el peso básico en los distintos puntos de la hoja. Naturalmente, las variaciones en el peso influyen en todas las propiedades físicas del papel y en gran parte de las ópticas y eléctricas. Siendo el papel tan sensible a la humedad hay que tener siempre en cuenta la humedad ambiente para verificar el peso básico y por lo tanto, no deben pesarse las muestras inmediatamente que hayan salido de la máquina, sino 15 ó 20 minutos después cuando se hayan estabilizado.

CALIBRE.

Por calibre se entiende el grosor del cartón ó del papel, Generalmente se mide en milésimas de pulgada. Es sumamente importante que el calibre de los diversos productos de papel manufacturados se acerque lo más posible a las especificaciones del cliente, ya que los equipos donde los trabajan (copiadoras, impresoras, troquelado ras, etc), son muy delicados pudiendo provocar problemas que pueden ser considerables cuando se alimentan con los calibres desajustados.

La densidad real del papel es probablemente una de las más importantes propiedades del mismo. La densidad está relacionada con factores como la porosidad, la rigidez, la dureza y la resistencia.

Factores que afectan la densidad. Los más importantes son:

- a) La cantidad de agua removida en el proceso.
- b) La flexibilidad de las fibras.

c) La resina, los "rellenos" y demás materiales no fibrosos también afectan la densidad del papel.

RELACION ENTRE LA DENSIDAD Y OTRAS PROPIEDADES DEL PAPEL.

El aumento en la resistencia del papel a la tensión cuando se ha lo grado mediante un mayor batimiento, puede decirse que se debe a un aumento en la densidad cuasado por el aumento de las áreas de contacto de las fibras y existe menor espacio libre.

Se ha encontrado que el mullen y la tensión son proporcionales a la densidad, mientras que el rasgado y la porcsidad son "inversamente" proporcionales a la misma (el rasgado después de cierto máximo).

La densidad afecta las propiedades ópticas del papel especialmente la opacidad. Se presentan casos en los cuales es posible aumentar la densidad sin que haya un aumento proporcional de mullen y de tensión, aunque se hayan usado las mismas pulpas, cuando se agrega al-midón a la pulpa se obtiene un poco de aumento en el mullen y en la tensión sin aumentar proporcionalmente la densidad. En el caso de - los Fillers (rellenos), éstos aumentan la densidad pero disminuyen el mullen y la tensión.

El medir la densidad del papel sirve para obtener datos muy impor-
tantes cuando se hace un conjunto con las propiedades de la resig
tencia. Así por ejemplo, si un papel tiene un mullen alto y una
densidad baja puede decirse que se ha hecho con fibras largas y po
co batimiento, en tanto que el papel con mullen alto y una densidad
muy alta es casi seguro que se ha hecho con fibras cortas y bien hi
dratadas. En el segundo de los casos, el papel tendrá un rasgado y

una resistencia al doblado más bajas que en el primer caso. La norma bajo la que se rige ésta prueba es la TAPPI T500 " Book Bulk and Bulking Number of Paper" la cual describe un procedimiento para medir la densidad de una pila de papel bajo una presión 35 psi, el equipo con que se mide es el expuesto en el Di- dibujo No. 10-A.

FORMACION.- Puede definirse la formación como la uniformidad en que las fibras están distribuidas en el papel. Es una propiedad física del papel aunque comunmente se mide por el grado de uniformidad del paso de la luz a través del mismo. Puede hacerse éste chequeo de una manera visual con solo mirar a través del papel colocado entre una luz uniforme. Mientras menos grumos o hay en la formación es decir, más homogénea se vea contra la luz mejor es la formación. Esta se determina, primero, por la densidad de los grumos ó motas y segundo por la distancia entre los mismos. Como el exámen visual no puede representarse numéricamente, es necesario tener una hoja con buena formación que sirva como patrón para hacer la comparación, ó delegar el resultado en quien hace el exámen. Existen algunos aparatos para medir la formación, - pero el método más usual es el visual.

La formación es sumamente importante porque afecta las condiciones físicas y ópticas del papel, lo mismo que la uniformidad en el presado, secado y satinado en las calandras. También es de primordi- al importancia una buena formación especialmente en los papeles para escribir ó para impresión.

Son muchos los factores que afectan la formación, pero los más - importantes son:

- a).- Tipo de pulpa (Krafft, sulfito, mecánica, soft-wend)
- b).- Longitud y diámetro de la fibra.
- c).- Grado de drenado (Freeness)
- d).- Suavidad de la fibra.
- e).- Consistencia de la pulpa en la máquina.
- f).- Velocidad de flujo de la máquina.
- g).- Tensión de la malla
- h).- Vibrador de la máquina.

POROSIDAD.- El papel es un material bastante poroso. El porcentaje de porosidad varía en los diferentes papeles según el caso a que vayan a destinarse. La porosidad se presenta como:

- 1.- Poros completos, es decir aquellos que atraviesan el papel de lado a lado (completamente).
- 2.- Poros que están abiertos a una sola superficie
- 3.- Poros interiores que no están abiertos a ninguna de las superficies.

Generalmente la porosidad se mide por la resistencia que una hoja de papel de dimensiones específicas opone al paso del aire bajo condiciones estandarizadas de presión, temperatura y humedad relativa y los resultados se expresan en unidades arbitrarias, ya sea por el tiempo transcurrido por determinado volumen de aire para pasar a través del papel ó por el volumen de aire que pasa en un tiempo determinado. Existen varios aparatos para medir la porosidad como el Gurley densimeter ó el S-P-S tester los cuales miden el tiempo que transcurre para que pase un volumen determinado de aire, que generalmente es de 100cc a través de una área standard -

del papel (generalmente es de una pul gada cuadrada) bajo una pre sión suave y uniforme (Ver dibujo 10-B).

La porosidad es una propiedad muy importante en el papel para es cribir y para impresión ya que es un factor en la absorción de la tinta y que determina la calidad del mismo, así como en los pape les que van a ser recubiertos, para efectos de la absorción de go ma.

La porosidad es muy importante en los papeles para fabricar sacos, especialmente en los que se llenan por el sistema de válvula; tam bién es muy importante en los papeles para filtros de cigarrillos, papel higiénico, toallas y otros muchos.

SUAVIDAD O TERSURA.- La suavidad es la perfección en la superficie del papel, es decir que ésta no presente marcas de fieltros ó de la malla, tumultos, mugres, marcas de calandra ó cualquier otro desperfecto que la haga tosca. Existen varios aparatos para medir la suavidad, como el indicado en el Dibujo No. 10-C que determina rápidamente la rugosidad del papel haciendo pasar a través de él una muestra de 225 x 250 mm. que el aparato detectará en 20 pun tos diferentes. Un programa que controla el sistema permite detec tar y medir automáticamente la superficie rugosa del papel, pero comunmente suele hacerse por medios ópticos y del tacto. Es una característica sumamente importante, especialmente en los papeles para escribir y para impresión. En los papeles para fabricar sacos es necesario tener una superficie ligeramente áspera para evitar que se resbalen cuando están llenos, pero teniendo en cuenta que no vaya a afectarse la impresión.

Factores que afectan la suavidad:

- a).- Batimiento.- El aumento en el Batimiento de la pulpa aumenta la suavidad del papel, debido a la formación de fibras más finas.
- b).- Vibrador de la máquina.- El vibrador de la máquina también ayuda a una mayor suavidad provocado por el acomodamiento de las fibras.
- c).- Prensado.- El aumento de presión en las prensas y en la calandra contribuyen a una mejor suavidad aunque siempre es preferible tratar de obtener la mayor suavidad posible antes de que el papel pase por la calandra.
- d).- El material de relleno.- También ayuda a una mayor suavidad, especialmente cuando el papel pasa por la calandra.
- e).- Pulpeco.- El tipo de pulpa tiene un efecto definido en la suavidad; por ejemplo, una buena pulpa mecánica produce un papel suave; las pulpas Krafft de maderas suaves producen papel con poca suavidad debido a sus fibras largas, en general como se ha mencionado, las fibras cortas y más delgadas producen un papel más suave.

RIGIDEZ.- La rigidez es una propiedad importante en muchos papeles, como el de escribir, pero lo es más en los cartones que van a ser utilizados en determinadas aplicaciones en las cuales deben conservar su estabilidad dimensional, como por ejemplo, la cartulina -- Bristol, la cartulina para naipes, el cartón para divisiones, cigarrillos rasos, cartón corrugado para caja, etc. Hay, por el contrario algunos tipos de cartón y papeles en los cuales la rigidez debe ser mínima como en los usados en las cajas de cartón. Existen mu-

chos aparatos para medir la rigidez, por ejemplo el indicado en el Dibujo No. 10-D, aunque en la industria nacional hay casos en los que se hace por medio del oído, el tacto y la experiencia. Cuando se quiera medir la rigidez por medio de aparato, las muestras deberán estar apegadas a las normas TAPPI T 400 "Sampling and Accepting a Single Lot of Paper, Paperboard, Fiberboard, or Related Product" y "Standard Conditioning and Testing Atmospheres for paper, Board Pulp Handsheets and Related Products" que es la TAPPI T 402.

Factores que afectan la rigidez:

a).- La rigidez del papel es afectada principalmente por el calibre, teóricamente como el cubo del calibre, es decir, que cuando el calibre varíe en "X" puntos, la rigidez varía en "X"³, esto cuando la rigidez es constante y varía el cuadrado del calibre, cuando el peso es constante.

b).- Batimiento.

El batimiento también es un factor importante en la rigidez.- las pulpas bien batidas producirán un papel más rígido que las poco batidas debido a que las fibras son separadas uniformemente logrando con ésto mayor adherencia entre las mismas.

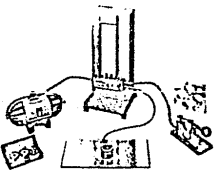
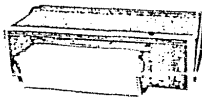
c).- Tipo de Fibra:

El papel hecho con fibras cortas (pulpa mecánica, de maderas duras) es, generalmente más rígido que el fabricado con fibras largas (Soft-wood). Existe una teoría según la cual la rigidez en los papeles livianos depende principalmente, de la rigidez individual de las fibras, en tanto que en los cartones depende más que todo, del enlace de las fibras.

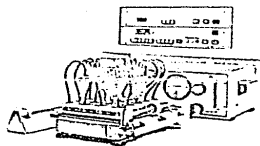
El agregar almidón ó silicato de sodio a la pulpa contribuye a aumentar la rigidez.



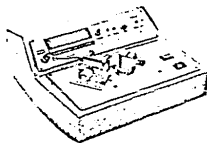
A
PROBADOR DE DENSIDAD



B
PROBADOR DE FORTALEZA



C
PROBADOR DE ASPEREZA



D
PROBADOR DE RIGIDEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
UNAM TESIS PROFESIONAL				
EQUIPO DE PRUEBA				
INSTRUMENTOS	REACTIVOS	REACTIVOS	TIEMPO	INDICACIONES
J. L. A. P.			MARCO-1963	10

TENSION.- La tensión es una medida de la resistencia del papel a la tensión directa. Puede definirse como la fuerza requerida para romper una tira de papel de determinada longitud, ancho y calibre.

Un dato útil que expresa la relación tensión a peso, (resistencia específica) puede obtenerse dividiendo la tensión del papel por el peso del mismo. Otro dato útil es la longitud de rompimiento ó sea, una relación de resistencia a peso que indica la longitud requerida de una tira de papel para que se rompa por su propio peso.

El equipo utilizado normalmente para esta prueba es el expuesto en el Dibujo No. 11-A.

Factores que afectan la resistencia a la tensión:

a).- Dirección de las Fibras. La dirección de las fibras es un factor importante en la tensión, por dicha razón la tensión es casi siempre mayor en dirección M.D. que en dirección C.D.

b).- Enlace de las fibras: El factor más importante que afecta la tensión es la cantidad y área de contacto en el enlace de las fibras. La tensión tiende a bajarse cuando la pulpa ha sido demasiado batida, debido a la destrucción de las estructuras de las fibras y aumenta cuando se incrementa la densidad del papel mediante aumento de la presión en las prensas. Algunos técnicos opinan que la longitud de las fibras influye muy poco en la tensión aunque otros opinan por el contrario, que es de bastante influencia. La tensión es una propiedad importante en los papeles para fabricar sacos, para periódicos y en general en los papeles

que vayan a soportar tensión.

MULLEN.- El mullen es una prueba bastante empírica y ha sido definida como la presión hidrostática requerida para romper el papel a un rango de presión controlada.

Hay 2 factores que pueden llamarse los responsables del mullen.

- a).- La longitud de las fibras
- b).- El entrelazamiento de las mismas.

El aumento en el batimiento de la pulpa aumenta el mullen en el papel aunque también es cierto que un batimiento excesivo lo disminuye. Otro gran factor que tiende a disminuir el mullen es el aumento de la densidad cuando se utiliza demasiada presión en las prensas. También es de suma importancia para el mullen la forma del papel y la tensión del mismo cuando aún está húmedo.

TEAR.- Se da el nombre de tear a la resistencia del papel al rasgamiento, una vez iniciado éste. Esta prueba se hace en un aparato llamado " Elmendorf tearing tester". Ver dibujo No. 11-B

Para efectuarlo se toman tiras del papel que va a ser probado (generalmente 5 cm. de ancho) de cada una de las 2 direcciones de la máquina (M.D. y C.D.) y se colocan en el aparato de a 4 cada vez para obtener un promedio acertado. La lectura se hace en dieciséis avos de gramo. Por lo tanto, al colocar 4 muestras, el resultado obtenido se divide entre 4. Esta prueba se practica, generalmente a los papeles que van a ser usados en la confección de sacos y los que se utilizarán para envolturas diversas.

Factores que afectan al tear. La resistencia al rasgamiento (tear)

depende principalmente de 3 factores a saber:

- a) Cantidad total de hoja que participan en el rasgamiento de la hoja.
- b) Longitud de la fibra.
- c) Cantidad y resistencia del entrelazamiento de las fibras.

La fuerza necesaria para rasgar una hoja es inferior a la necesaria para romper una hoja por tensión. Prácticamente no hay una ruptura de las fibras cuando se produce el rasgamiento sino una separación de las mismas, por lo cual, mientras haya un mayor entrelazamiento, mientras las áreas de contacto de las fibras sean mayores, habrá una mayor dificultad para separarlas y por lo tanto, opondrán mayor resistencia al rasgamiento. Según lo anterior, puede decirse que el batimiento es un hecho importante en la prueba de rasgamiento ya que si el batimiento es excesivo la resistencia al rasgamiento rebaja. El tiempo de batimiento para obtener un buen tear debe ser menor que el necesario para obtener un buen Mullen. Cantidades muy grandes de agentes pegantes como el almidón, ó el aumento de la densidad por presión en las prensas, tienden igualmente a rebajar la resistencia al rasgamiento.

Puede tomarse por regla que el tear varía inversamente al Mullen y a la densidad. Si el tear es muy alto y el Mullen muy bajo, ésto indica que la pulpa ha sido poco batida. Si por el contrario, el tear es bajo y el Mullen alto puede decirse que la pulpa ha sido bastante batida.

Si el tear es desproporcionalmente bajo en comparación con el Mullen, ésto indica que las fibras han sido cortadas en exceso du-

rante el período de preparación de la pulpa (Batimiento y refi -
namiento). Por lo tanto, el tear es un buen indicador de la reduc
ción de longitud de las fibras ocurrido durante el refinamiento.
La formación no influye grandemente en la resistencia al rasga -
miento (tear).

El tear y la rigidez varían inversamente. Ya se dijo antes que
la longitud de la fibra era uno de los factores de los cuales de
pendía el tear. Cabe añadir que es el más importante ya que a u
na mayor longitud de la fibra, hay una mayor área de contacto y
por lo tanto, un mayor enlace con el siguiente aumento en el te
ar. Según lo anterior, las pulpas producidas con maderas suaves
de fibras largas, producen papeles de mejor tear que los produci
dos con maderas duras, los cuales tienen fibras cortas.

La resistencia al rasgamiento es muy importante, especialmente en
los papeles para fabricar sacos, papeles para envolver, papeles -
para toallas, etc.

HUMEDAD. - Los papeles y cartones son muy sensibles a los cambios
de humedad. Pueden contraerse ó expanderse, pueden plegarse ó cam
biar su resistencia y otras propiedades según la cantidad de hu
medad que contengan. Por ésta razón la cantidad de humedad debe
estar lo más acorde posible con la humedad ambiente especialmente
con la del lugar donde van a permanecer almacenados por determina
do tiempo. Hay varias maneras de determinar la humedad, una de -
éllas es tomando una muestra representativa la cual se pesa en -
una balanza analítica, luego se deja en un horno a 105°C más ó -

menos y se cheque su peso hasta que se obtenga un peso constante. Una vez logrado lo anterior se coloca en un desecador para evitar que absorba humedad mientras se enfría. Se procede luego a pesarla y a determinar la humedad de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco} \times 100}{\text{Peso húmedo}}$$

Como el método anterior es un poco complicado y largo, es decir, no permite obtener resultados inmediatos, se está utilizando un aparato eléctrico especial, el funcionamiento del cual se basa en la cantidad de corriente eléctrica que pasa a través del papel según la cantidad de agua que éste contenga. Es decir, que a mayor humedad del papel, mayor será la cantidad de corriente eléctrica que pasa a través del mismo y viceversa.

SIZING.- Es la capacidad del cartón ó el papel para absorber el agua y se determina en segundos ó minutos. Existe un aparato especial para determinar el Sizing, como es el del Dibujo No. 11-C Aunque también puede determinarse de una manera más ó menos acertada por medio de la gota de agua, es decir, depositando en la superficie del papel varias gotas de agua y determinando el tiempo que éstas se demoran en ser absorbidas completamente por el papel. Esta prueba se practica en todos los papeles con algunas excepciones como con el corrugado medio, papel para pegar cerámica etc.

INMERSION.- Esta prueba sirve para medir la infiltración del agua por inmersión en los cartones ó papeles. El número de inmer-

sión se expresa como el peso en centigramos de agua absorbidos - por una muestra de 15.24 x 15.24 un (6" x 6") sumergido en agua a una temperatura de 75°F durante 10 minutos. Esta prueba se ha-ce generalmente en los papeles ó cartones que van a estar en con-tacto con el agua ó en un medio ambiente húmedo y está basada en la norma TAPPI T 441 "Water Absorptiveness of Sized (Non-Bibulous) Paper and Paperboard".

Freeness.

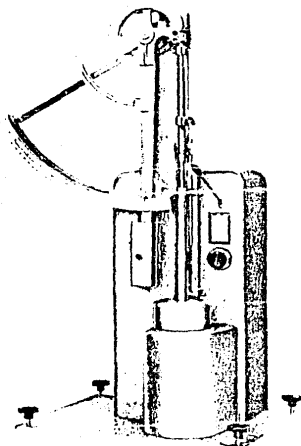
La prueba del freeness es un procedimiento totalmente empírico-- que nos proporciona un rango arbitrario de una suspensión formada de 3gr. de pulpa en 1 lt. de agua que debe ser drenada. El re-sultado depende principalmente de la cantidad de sólidos en sus-
pensión presentes, la menor expansión, el grado de enfibrado, su flexibilidad y su fineza.

Aunado a éstos factores el resultado depende también de las con-diciones de ejecución de las pruebas como son la presión ejercida a la muestra, la concentración de pasta, temperatura, caracte-
rísticas de la superficie de drenado y construcción de los orifi-
cios del drenado (Ver Dibujo No. 11-D), aunque no dejan de estar regidos en éste caso por la norma TAPPI T - 221 "Drainage time of Pulp", usualmente el valor obtenido debe ser menor de 100 ml. de fibras en suspensión.

Esta es una de las propiedades más importantes en el proceso de-
fabricación ya que va en función de la rapidez de drenado del a-

gua a través de la pulpa. A medida que aumenta el batimiento, el agua drena mas lentamente de la pulpa ó a través de élla. Si las fibras están desmenuzadas, una porción de las mismas que se ha formado en una malla es mas denso que otro que se forma con la pulpa sin batir, lo cual ocasiona el paso mas lento del agua.

Sin embargo no debe pensarse que la rapidez de drenado (Freeness) implica longitud de las fibras, ya que la longitud es uno de los factores que afectan dicha propiedad pero no el único. Por lo tanto al decirse que el Freeness está alto no se quiere indicar necesariamente que la fibra tenga una longitud mayor que otra, cuyo Freeness puede estar más bajo.



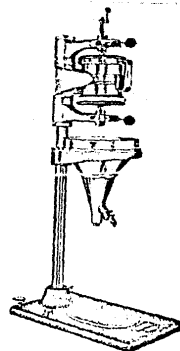
A PROBADOR DE TENSION



B PROBADOR DE RASGADO



C PROBADOR DE ABSORCION



D PROBADOR DE FREEESS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
TESIS PROFESIONAL				
EQUIPO DE PRUEBA				
DIBUJO: J.L.A.P.	ESCALA: 1	ACOTS.: ---	FECHA: MAYO-1987	DIB.No. 11

II.-f) LA INDUSTRIA EN MEXICO (CAPACIDADES).

Para no hacer un análisis histórico demasiado profundo, diremos -- que para 1984 tuvimos una estimación de producción como se muestra en la tabla del Dibujo No. 12-A de cerca de 2.3 millones de toneladas, lo que representó un crecimiento de cerca del 11 por ciento con relación a 1983.

Desde 1984 gracias a la iniciativa y esfuerzos de las personas -- que la integran, ya que no obstante la crisis económica sufrida -- durante los últimos años, se han puesto en operación nuevos proyectos, se ha mejorado la productividad y se ha mantenido una actitud agresiva en nuestros mercados.

Con excepción de la línea de papel para sacos que se ha visto fuertemente afectada en su demanda, el resto de las líneas muestra -- crecimientos muy significativos originados principalmente por la sustitución de importaciones, por exportación de algunos papeles y posiblemente también por un pequeño repunte de la demanda nacional.

La sustitución de importaciones se ha registrado en casi todas -- las líneas. En ésta tabla resaltan los crecimientos habidos en -- papel para periódico y libros de texto, cuya producción estimada se incrementó 29 por ciento y el cartoncillo aséptico para alimentos que se incrementó en 236 por ciento. Las importaciones de estos productos se han abatido significativamente.

También resaltan los incrementos en otros papeles para escritura

e impresión estimándose en 10 por ciento y un crecimiento similar en papeles faciales y sanitarios, ambos originados por un aumento significativo en sus exportaciones, estimándose haber alcanzado - alrededor de 52000 toneladas en el año.

En la tabla del Dibujo No. 12-B, referente a la sustitución de importaciones puede comprobarse una reducción estimada de 79,000 - tons. al pasar de 145,000 tons. en 1983 a 66.000tons. en 1984, lo que representó el 55% de disminución. Este fue el tercer año consecutivo en que se obtuvo una reducción de importaciones de alrededor de 50% habiéndose logrado prácticamente la autosuficiencia en todos los renglones.

En ésta tabla se está presentando también la reducción de importaciones con relación a 1981. Con objeto de hacer resaltar los - logros obtenidos al haber reducido las importaciones en 500,000 toneladas, merced a las fuertes inversiones realizadas en todos los tipos de papeles.

Tomando como base el consumo para 1984, se comparó la producción para 1985, considerando los incrementos de demanda mostrados en la primer columna de la tabla del Dibujo No. 12-C, estimados por la Comisión de Planeación con base a un crecimiento de 3 a 4 por ciento señalado en las metas y estimaciones económicas del Gobierno Federal. También se logró un avance aún mayor en la sustitución de importaciones de ciertas líneas principalmente en papel periódico y libros de texto, y una disminución en las exportaciones siguiendo la tendencia registrada a partir del 2° semestre de 1984 obteniendo un cambio positivo en el saldo de Comercio Exterior

ra 1985 de 14,000 toneladas según se muestra en la 2° columna.

Así se llegó a una estimación de producción para 1985 de 2,426 mil toneladas, lo que representa un incremento del 6 por ciento sobre 1984, comparando ésta producción con la capacidad estimada de 3,181,000 tons., resulta un nivel de utilización del 76 por ciento, notándose excedentes de capacidad, en todos los tipos de productos.

PRODUCCION DE PAPEL 1984 POR TIPO
(ESTIMACION PRELIMINAR)
MILES DE TONELADAS

	PRODUCCION		INCREMENTO	
	1984	1983	M. Tons.	%
PARA ESCRITURA E IMPRESION				
Papel Periódico y Libro de Texto	254	197	57	29
Otros	410	507	97	19
Subtotal	724	804	120	15
EMPAQUE				
Sacos, Bolsas y Embalajes	240	258	(18)	(7)
Cajas Cartón	727	887	160	18
Cartoncillo	211	167	44	26
Cartoncillo Adhésivo	37	11	26	236
Subtotal	1215	1123	92	8
SANITARIO Y FACIAL	284	246	38	16
ESPECIALIDADES	62	59	3	5
T O T A L	2285	2042	223	11

A

IMPORTACIONES DE PAPEL 1984
(ESTIMACION PRELIMINAR)
MILES DE TONELADAS

	[REDUCCION]		[REDUCCION]	
	1984	1983	%	%
PAPEL PARA ESCRITURA E IMPRESION				
Periódico y Libro de Texto	15	67	(78)	350
Otros Escritura e Impresión	6	9	(23)	54
Subtotal	21	76	(72)	404
PARA EMPAQUE Y EMBALAJE				
Sacos/Bolsas Adhésivo	19	26	(32)	38
Otros Embalajes	16	31	(42)	72
Subtotal	35	59	(41)	108
SANITARIO Y FACIAL	—	—	—	—
ESPECIALIDADES	10	10	—	66
TOTAL	66	145	(55)	669

B

PRODUCCION ESTIMADA AÑO 1985 Y PORCENTAJE
DE UTILIZACION DE CAMBIO
MILES DE TONELADAS

	INCREMENTO DE 1984 %	CAMBIO CORTES EXTERIOR	PROD. EST. 1985	INCREMENTO ESTIMADO %	CAPACIDAD DE UTILIZACION	
					%	UTILIZACION
PARA ESCRITURA E IMPRESION						
Periódico y Libro de Texto	3.5	18	265	11	368	77
Otros	5.0	(19)	474	1	592	79
Subtotal	4.4	(4)	737	8	960	78
PARA EMPAQUE Y EMBALAJE						
Sacos, Bolsas y Embalajes	4.0	—	250	4	369	68
Cajas Cartón	5.0	12	778	7	1011	77
Cartoncillo	2.8	4	281	8	303	75
Cartoncillo Adhésivo	7.8	2	40	8	50	80
Subtotal	4.3	18	1267	6	1732	74
SANITARIO Y FACIAL	5.0	—	508	9	960	79
ESPECIALIDADES	3.0	—	72	18	95	76
T O T A L	4.9	14	2426	8	3191	76

C

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
UNAM				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
TESIS PROFESIONAL				
CUADROS ESTADÍSTICOS				
FECHA:	ESCALA:	ADTS.:	PENAL:	IMPRES:
A.L. A.P.	—	—	—	78

Contrariamente a la situación práctica de equilibrio en el comercio exterior de papel, la situación deficitaria en el abastecimiento de materias primas fibrosas y su consecuente dependencia del exterior es preocupación importante de éste sector. En la tabla del Dibujo No. 13-A se muestra que el déficit de celulosa de madera aumentó del 34 por ciento en 1984 al 35 por ciento en 1985 al estimarse un aumento en la demanda, superior al aumento de producción.

Por lo que toca a celulosas de plantas anuales dado la característica de ser un sector prácticamente integrado al consumo, se estimó que la producción se incrementó en la misma proporción que la demanda.

Totalizando el capítulo de fibra virgen, la tabla muestra un déficit del orden del 25 por ciento sin que existan proyectos significativos que pudieran corregirlo en el futuro, por lo que el Consejo Directivo de la Cámara de la ADFP, ha estado en contacto con las autoridades con el fin de encontrar conjuntamente, una solución para éste problema.

Respecto a la fibra reciclable, existió un déficit aproximado de 37 por ciento, a pesar de tener en México un porcentaje de recuperación del 40 por ciento sobre el consumo interno total del papel que es uno de los porcentajes más altos del mundo.

Podemos afirmar que nuestra industria es prácticamente autosuficiente en la producción de papel, contando con capacidad instala

da para hacer frente a la demanda hasta aproximadamente 1988, sin embargo es preocupante el déficit de celulosa de madera y el tamaño de las inversiones que se requerirán en el futuro y las cuales deben estar planeando ya en la actualidad, de ahí la importancia de prestar más atención al reciclaje de materia prima sobre todo si se trata del considerado como "desperdicio".

Cabe señalar que nuestro país siguió conservando desde 1983, el 2° lugar en producción de papel, y celulosa en Latino América, - únicamente precedido por Brasil y el 3er. lugar en consumo per cápita de papel de Latino América con 30 Kgs., precedido por Venezuela con 46 Kgs. y por Argentina con 32 Kgs.

Entre 1983 y 1986 la capacidad mundial de papel de pulpa de madera a nivel mundial se ha expandido en 1.7 millones de toneladas ó sea un promedio anual del 2%.

El nuevo incremento de capacidad empieza en Australia, Brasil, - Chile, Checoslovaquia, Portugal, Sud Africa y Finlandia pero el mayor incremento fué de 42% ó sea 704,000 toneladas en los Estados Unidos.

En la tabla del Dibujo No. 13-B se puede apreciar la capacidad en la industria del papel en México desde 1979. De continuar éste - crecimiento extraordinario, dicha industria resultará como una de las industrias más pujantes en nuestro país de acuerdo a las estimaciones hechas en la tabla para 1987 y 1988.

En el cuadro del Dibujo No. 13-C se aprecian los resultados obtenidos en 1986 a nivel mundial de las capacidades de los países más importantes productores de papel. Se puede ver claramente -- que por primera vez en el mercado de E. U. excedió el total en producción de los países nórdicos que son considerados como potencia mundial en dicho renglón.

ESTIMACION DE OFERTA Y DEMANDA DE MATERIAL FIBROSO AÑO 1983
MILES DE TONELADAS

	1983	1984	INCREMENTO %
CELULOSES			
<i>ANUALES</i>			
Oferta	508.3	488.1	4.1
Demanda	782.7	781.1	8.6
Difícil	(274.4)	(293.0)	8.3
%	35	34	
PLANTAS ANUALES			
Oferta	321.2	308.8	6.1
Demanda	321.2	308.8	6.1
Difícil	---	---	---
%	---	---	---
OTRAS			
Oferta	8.7	8.7	---
Demanda	13.4	20.3	(34.0)
Difícil	(7.7)	(11.6)	(47.3)
%	57	78	
TOTAL FIBRA VIRGEN			
Oferta	832.2	805.8	3.9
Demanda	1117.3	1084.5	8.0
Difícil	(285.1)	(278.7)	8.2
%	55	54	
TOTAL FIBRAS RECLICABLES			
Oferta	862.2	832.8	8.3
Demanda	1268.0	1468.2	9.9
Difícil	(405.8)	(635.4)	9.8
%	37	36	

A

CAPACIDAD DE LA INDUSTRIA MEXICANA
MILES DE TONELADAS

AÑO	PAPEL Y CARTON	PAPEL DE PULPA MADERA	OTRAS FIBRAS	DEFICIT APARENTE DE FIBRA	USO DE PAPEL DE ESPERDICO
1979	2107	355	378	1184	1007
1980	2345	385	352	1388	1150
1981	2956	625	388	1867	1572
1982	4000	830	388	2782	1725
1983	2527	820	349	1751	1225
1984	2760	822	349	1959	1330
1985	2960	856	388	1724	
1986	3194	731	422	2041	
1987E	3410	781	442	2212	
1988E	3464	781	407	2248	

E-Enteñado

1986 PRINCIPALES PRODUCTORES MUNDIALES DE PAPEL
CAPACIDAD DEL MERCADO PULPA DE MADERA

LUGAR	PAIS	RESERVA DEL MERCADO (MILES DE TONELADAS)	% MUNDIAL
1	CANADA	7,171	24.9
2	U.S.A.	6,038	20.8
3	SUECIA	3,350	12.2
4	U.R.S.S.	3,000	8.9
5	FINLANDIA	1,750	6.1
6	BRASIL	1,608	5.3
7	PORTUGAL	1,047	3.6
8	JAPON	883	3.1
9	FRANCIA	830	2.9
10	ESPAÑA	625	2.2
11	CHILE	370	1.3
12	CHECOSLOVAQUIA	311	1.1
TOTAL 12 PAISES		28,936	82.0
TOTAL MUNDIAL		35,018	100.0

E

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERÍA		
CARRERA DE INGENIERÍA PROFESIONAL				
CUADROS ESTADÍSTICOS				
GRUPO 1	ESCALA 1	ACOTA 1	FECHA 1	SIN. No.
21.1.87.	---	---	Marzo-1987	13

III.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CALANDRADO.

III-a).- DEFINICION Y OBJETIVO DEL CALANDRADO.

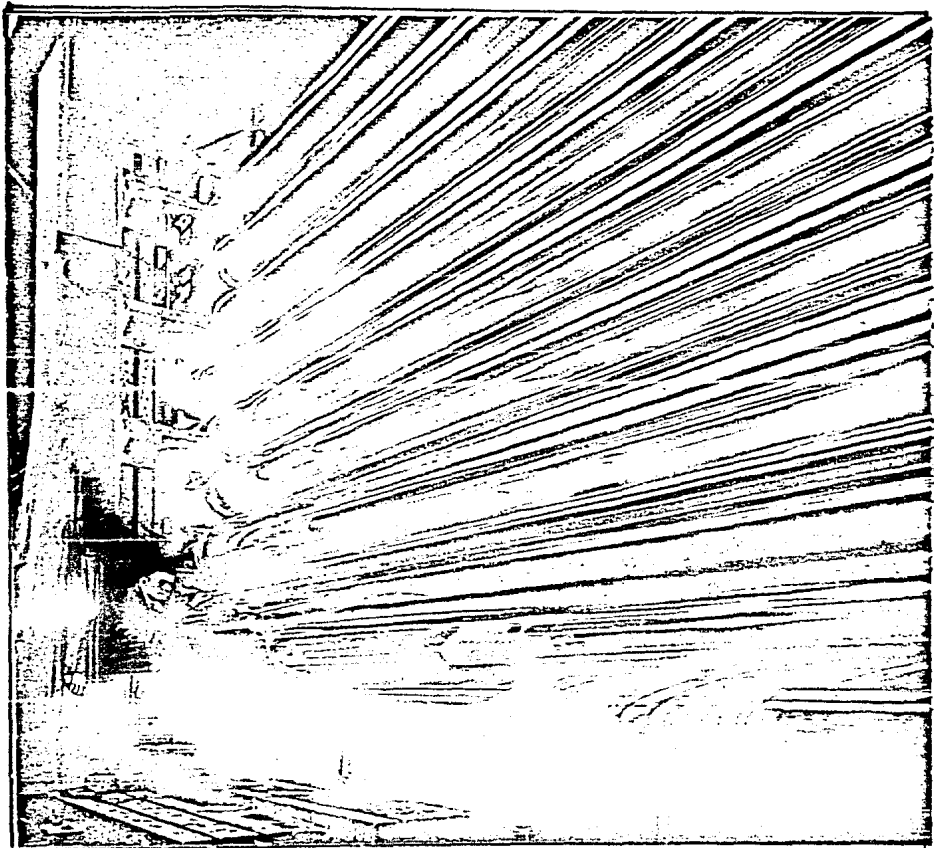
La calandra es el último recurso para corregir la densidad, calibre y perfil del papel, por ejemplo, cuando pasa el papel relativamente seco a través de la calandra, se aumenta un poco la densidad sin que se aumente proporcionalmente el mullen y la tensión, - ésto se consigue en ambos lados del papel por la fricción y presión ejercida por los rodillos. Cada uno de ellos con excepción del último, están provistos de una especie de cuchilla llamada - "Doctor" que sirve para evitar que el papel se adhiera al rodillo y se enrede en él y está sujeta con un mecanismo manual que permite ajustarlas a sus correspondientes rodillos y levantarlas cuando sea necesario.

Usualmente el rodillo del extremo inferior es movido mecánicamente y éste rodillo mueve a los demás por fricción. Ésta es una manera segura de rodar los rodillos ya que se genera una enorme fricción cuando el papel pasa a través del nip ó punto de contacto. La calandra está estructurada básicamente, de lo que es propiamente el frame ó armazón, un rodillo inferior conocido normalmente en el medio papelerero como "rodillo rey", le sigue en orden ascendente el "rodillo reina" y posteriormente una serie de rodillos intermedios que varían en número de acuerdo al tamaño y especificaciones de la calandra pero que normalmente no pasan de cuatro, finalmente el rodillo que se conoce como "rodillo jinete" que pue

de ir localizado en la parte extrema superior ó en seguida del rodillo reina, ver Dibujo No. 14.

Dispone también de otro mecanismo que ejerce la presión adecuada a los rodillos para lograr las características deseadas en el papel. Mas adelante se detallará minuciosamente el funcionamiento de cada uno de los componentes de la calandra.

Los cambios que sufre la hoja de papel al ser introducida a través de los rodillos de la calandra son notables e influyen directamente en la calidad del mismo, por eso es necesario mejorar la operación, ya sea innovando diseños, manteniendo superficies mejor pulidas y más resistentes de los rodillos y logrando un mejor control de presión en el punto de contacto. Estos factores han sido importantes y han mejorado la calidad del papel, la operación y los problemas de mantenimiento en ésta sección de la máquina de papel se reducirán al mínimo si se llevaran a cabo dichas recomendaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
		TESIS PROFESIONAL		
CALANDRA .				
DIBUJO :	ESCALA :	ACOTS. :	FECHA	DIB. No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1967	14

La calandra es una parte de la máquina de papel dedicada exclusivamente a elevar la calidad del papel fabricado, por éso es tan importante su localización a la salida de los secadores , aunque básicamente la calidad final del papel depende entre otras cosas de las propiedades y características de las fibras empleadas, de la uniformidad de distribución y drenado en la mesa Fourdrinier y de las operaciones de secado y procesado. La tersura final del papel periódico por ejemplo, es muchas veces debido precisamente al calandrado.

Aún cuando las condiciones de drenado en la mesa de formación para retener finos sean muy buenas e influyan para mejorar la tersura del papel no habrá ningún método tan efectivo como el calandrado.

El calibre absoluto y la uniformidad del calibre son efectos producidos por las propiedades y tipo de fibra usada del sistema de distribución, aunque el calibre absoluto puede ser cambiado en la calandra por la presión total de varios puntos de contacto.

Cuando se tienen papeles con calibres no uniformes, pueden ser parcialmente corregidos a través de aplicar una adecuada presión de puntos de contacto; los efectos del calandrado en las propiedades del papel también deben considerarse de tal forma que en la calandra se obtienen 2 efectos. La acción de cada punto de contacto en la calidad del papel en el sentido de la máquina, como también el efecto de la presión de los mismos en el sentido transversal de la máquina.

La acción del calandrado en las propiedades del papel en el sentido del movimiento de la máquina y en el sentido transversal -- Pueden visualizarse teniendo 2 casos:

En el primero de los casos la calidad normal mejora cuando el papel pasa por la calandra debido al número, tamaño, velocidad y pasos de los rodillos que la conforman, así como su configuración y puede ser modificada dentro de ciertos límites al cambio, cualquiera de los variables mencionados (existen algunas calandras donde las variables solamente pueden ser controladas efectivamente con el número de las prensas).

En el segundo caso, el efecto de la calandra en la calidad del papel, es completamente independiente

III-b).- CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR UNA CALANDRA.

Entre las más importantes podemos mencionar las siguientes:

- 1.-) Sea cual sea la transmisión que genere el movimiento en la calandra, es de suma importancia que se sincronice exactamente a la velocidad del resto de la máquina ya que, si la tensión del papel al entrar a la calandra no es suficiente puede arrugarse y rasgarse, por otro lado si el papel está demasiado descalibrado puede generar problemas similares al anterior.
- 2.- Los coronamientos en cada uno de los rodillos deben de ser los adecuados, ya que de lo contrario se obtendrá un perfil

de papel totalmente disparejo provocando como es de suponerse serios problemas en la calidad.

- 3.- La dureza de los rodillos debe ser adecuada y uniforme, si no se cumple con cualquiera de éstos requisitos el calentamiento provocado por el papel y la fricción hará que la parte menos dura se expanda más, provocando una deformidad en la superficie del rodillo y consecuentemente mayor presión en ese punto obteniendo un acabado de pésima calidad.
- 4.- Las presiones que se ejerzan en ambos extremos de los rodillos de la calandra deben ser iguales ya que de otra manera no se obtendrá la uniformidad adecuada en el calibre del papel.
- 5.- La función de las cuchillas raspadoras (Doctores) es por demás importante como parte integrante de la calandra, pues si el papel está húmedo ó tiene algún parche húmedo es probable que se pegue a los rodillos de la calandra. Las cuchillas deben limpiarse con frecuencia ya que a menudo la peluza del propio papel se introduce entre la cuchilla y el rodillo provocando que las cuchillas queden levantadas y permitan al papel envolverse en los rodillos provocando atascamientos en la calandra que podrían frenarla.
- 6.- Es de suma importancia que la superficie de contacto entre rodillo y rodillo sea uniforme, para ésto es conveniente que se revise periódicamente el estado físico de cada uno de los

rodillos ya que cualquier mal formación en la superficie de los mismos ó una deformación por flexión de su propio peso - por ejemplo, originará marcas o diferencias en la hoja de - papel.

- 7.- Como ya se mencionó anteriormente, la localización al final del proceso en la fabricación de papel de la calandra, es - clave para la obtención de una buena calidad en el producto y todas las características propias de la calandra.

III-01 COMPONENTES Y ACCESORIOS DE LA CALANDRA.

La calandra está integrada básicamente por:

1.- ESTRUCTURA.

Es el armazón ó soporte de todos los demás componentes de la misma, ver Dibujo No. 15-A, por lo que es conveniente que su material de construcción además de ser resistente y de alta rigidez tenga capacidad de absorción de vibración mecánica y dilatación, ya que debido a la frecuencia con que la hoja de papel trae impurezas, ó problemas de formación, éstos al pasar a través de los rodillos provocan una vibración mecánica muy fuerte y el fierro colado es el material que cumple con tales características, éste, aunado al propio peso de los rodillos que la mayoría de las veces sobrepasa a las 50 toneladas, podría ocasionar deformaciones plásticas ó lo que es peor grietas tales que podrían terminar en verdaderas tragedias personales.

2.- RODILLOS.

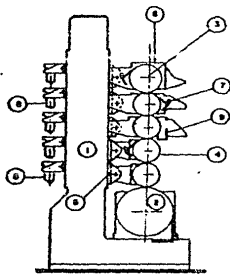
Podríamos considerar a éstos como la parte más importante de la calandra. Normalmente están integrados de 7 rodillos, el rodillo inferior ó rey (king roll) como el que puede apreciarse en el Dibujo No. 15-B y puede tener un peso aproximado de 20 toneladas y lleva coronamiento ó curvatura en su superficie. El inmediato siguiente se denomina rodillo reina (queen roll) y su peso puede ser de 10 toneladas, también puede llevar coronamiento. Los cua-

tro rodillos siguientes no poseen coronamiento y pesan hasta 5 toneladas cada uno y se denominan rodillos intermedios. El último rodillo ó rodillo jinete (top roll), puede llevar coronamiento, y tiene un peso de 7.5 toneladas, todos los rodillos deben tener la misma longitud de cara.

Con el fin de dar un mejor acabado, los rodillos de la calandra en términos generales, son hechos con aleación ferrosa de grano fino, de ésta manera, se puede producir un papel más suave y uniforme, algunos veces la superficie de la hoja es sometida a un humedecimiento con un rocío fino de agua, repedera de vapor ó caja de agua ó cera que al contacto con la superficie de la hoja cuando ésta entra al punto de unión de los rodillos de la calandra le proporciona un mejor acabado y tersura.

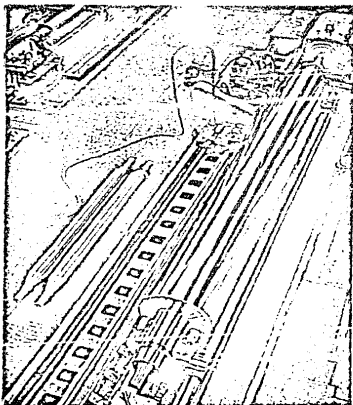
A manera de referencia podemos hacer mención del taller siderúrgico de Königsbronn como uno de los fabricantes más confiables en materia de rodillos para calandras en el mundo.

La presente fábrica ha surgido de las antiguas fundiciones y talleres de Fundición del Monasterio del Cistel de Königsbronn Alemania. Desde hace más de 100 años se funden aquí cilindros de hierro fundido conocidos hoy en día en todas partes del mundo bajo el concepto de "Königsbronner Hartgubwalzen (cilindros de fundición dura de Königsbronn). Los cilindros de fierro fundido tienen características metalúrgicas excelentes, calidad uniforme del material, alta resistencia al desgaste y una superficie exenta de poros, adaptados a su uso individual, así como a su precisión y la calidad del tratamiento, ver Dibujo No. 15-C



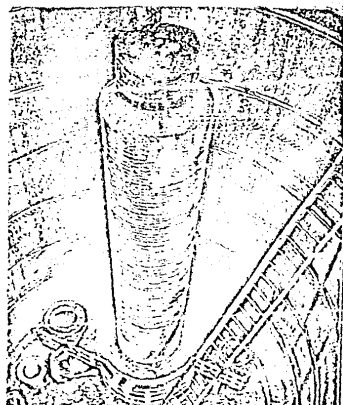
A PARTES DE LA CALANDRA

- 1- ESTRUCTURA
- 2- RODILLO REY
- 3- RODILLO REYNA
- 4- RODILLOS INTERMEDIOS
- 5- BALANCON
- 6- CARRIACERAS
- 7- CUCHILLAS DOCTORES
- 8- PISTONES CALIBRADORES
- 9- CAJA DE ENCRUADO



B RODILLO REY

LOS CILINDROS DE FUNCION DURA SE DISTINGUEN POR SU INCRUSTACION EN EL PROCESAMIENTO DE ELABORACION. MAQUINAS MECANIZADORAS DE GRAN CAPACIDAD CON INSTALACION DE BOMBO REHARTEN OBTENER UN ACABADO OPTIMO DE LA SUPERFICIE Y UNA EXACTITUD MAXIMA DEL MOLDE.



C FABRICACION DE UN RODILLO

LOS CILINDROS DE FUNCION DURA DEJAN RECONOCER SUS CALIDADES AL HACER LA FUNCION EN BOMBO: ALTA DUREZA DE LA SUPERFICIE Y DEBIDO A ELLO OPTIMA RESISTENCIA AL DESGASTE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL			
CALANDRA			
DIBUJADO:	ESCALA:	ACOTADO:	FECHA:
J. L. A. P.	—	—	MAYO-1982 18

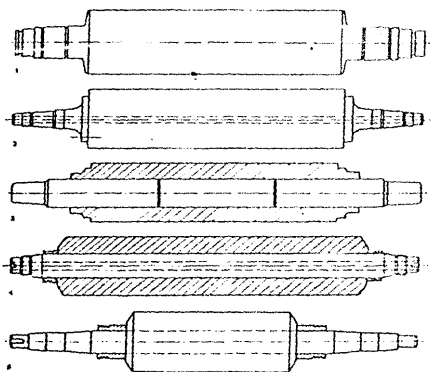
Pero sea cual sea el fabricante, para que sea confiable debe contar cuando menos con un núcleo de especialistas e ingenieros expertos para la fabricación de cilindros de hierro fundido, un laboratorio y un instituto central de análisis y ensayos que les permitan realizar con las materias primas, productos previos y acabados todos los análisis químicos, mecánicos y metalográficos que sean necesarios.

Los rodillos son fabricados en cuatro tipos básicos, es decir: con muñón fundido directamente en una pieza, con muñón atravesado de acero, con eje de acero continuo para cargas máximas y con muñón con brida de acero atornillado (Dibujo No. 16-A).

Además, según los requerimientos del caso, los rodillos pueden ser con perforaciones para calentamiento ó enfriamiento a lo largo e interior de todo el rodillo y dado el caso también con perforaciones periféricas (Dibujo No. 16-B).

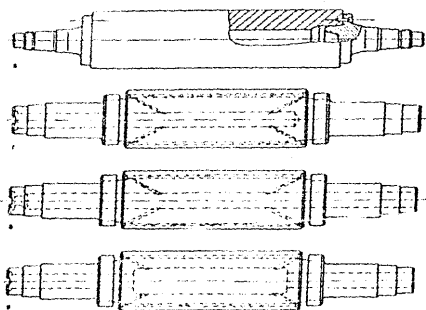
El procedimiento de fabricación empleado debe garantizar una profundidad uniforme de la capa del temple y buenas cualidades de rodaje. Los rodillos destinados para máquinas de gran velocidad deben además ser equilibrados dinámicamente.

Un desarrollo técnico ulterior debe ser el pulido de los cilindros para calandras destinados para hoja continua de material plástico fabricados en caliente. De ésta manera quedan garantizados una calidad absolutamente uniforme sobre todo el largo del cilindro y una exactitud de la marcha concéntrica. Estas son cualidades que no eran alcanzadas en la práctica en caso de cilindros en estado aún caliente de fabricación y que influyen de manera excelente la regularidad y exactitud de las hojas pasadas a la calandra.



A

1: 8 CILINDRO DE FUNDICIÓN DURA CON MUEÑO FINIDO DIRECTAMENTE;
 2: CON MUEÑO ATRAVESADO DE ACERO; 4: 8 CON EJE DE ACERO CONTINÚO PARA CARGAS MÁXIMAS.



B

8 CILINDRO DE FUNDICIÓN DURA CON MUEÑO CON BRIDA DE ACERO ATORNILLADA; F 8: 8 CILINDROS DE FUNDICIÓN DURA CON PERFORACIONES Y PERFORACIONES PERIFÉRICAS PARA CALEFACCIÓN.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
UNAM			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
TESIS PROFESIONAL			
TIPOS DE RODILLOS			
DRUJO:	PRCALA:	ACOTR.:	FECHA:
A.L.S.P.			1960-1961 18

TECNOLOGIA DE LOS CILINDROS DE HIERRO FUNDIDO.

El grupo de material de hierro fundido pertenece a las aleaciones fundidas de hierro-carbono, es decir al hierro fundido en su sentido más amplio.

El hierro fundido, una aleación de hierro carbono-silicio se solidifica bajo condiciones normales y presentan una fractura gris. Por ésto el nombre de "Fundición Gris". En éste caso se habla también de la fase estable de solidificación del hierro fundido, en donde el carbono está en forma de grafito. Si se somete al hierro fundido a un enfriamiento rápido, se solidifica en la fase inestable, blanca y también dura (carburo de fierro). La tendencia hacia formación de fundición en blanca puede ser activada si se mantiene el contenido del carbono del hierro relativamente alto y el contenido de silicio bajo.

Las condiciones más bruscas de enfriamiento son conseguidas al fundir contra moldes de hierro colado, las así llamadas lingoteras ó coquillas.

Dado que en caso de tales moldes ocurre el enfriamiento rápido - solamente en las paredes de las coquillas, se solidifica el hierro fundido también solamente hasta una cierta profundidad de manera inestable. Hacia al núcleo del cuerpo del cilindro se retarda la velocidad de enfriamiento debido a la caída natural de la capacidad térmica. Por tal motivo se solidifica el centro en gris. Entre ambas fases - en la parte exterior en blanco y dura y en la parte interior en gris y blando - se forma una zona intermedia - que es denominada fase o zona de transición. Esta fase que se pro

duca naturalmente, cuida de una unión íntima de la zona exterior e interior

El diagrama del Dibujo No. 17-A hace ver el curso del temple desde la zona marginal blanca hacia el núcleo gris. Debajo del diagrama se encuentra una fotografía microscópica de un corte de un cilindro de fundición visto desde la zona marginal (o) hacia la zona del núcleo (1.) para demostrar la zona blanca, la transición y el núcleo gris.

Las imágenes microscópicas permiten reconocer el aspecto típico de las 3 zonas en un cilindro de fundición dura:

- 1º.) Zona blanca dura: Parte integrante de la estructura cementita.
- 2º.) Zona de transición.
- 3º.) Núcleo gris: Parte integrante de la estructura perlita y - con forma de grafito.

Dado que la cementita, como aportador de la dureza va disminuyendo porcentualmente, se explica el declive de la misma indicado en el diagrama.

De ésta manera es posible de conseguir en una sola fundición con la misma composición química las propiedades específicas de los cilindros de hierro fundido.

- 1º-) La zona exterior dura, altamente resistente a la fricción, - al desgaste y compacta, como condición previa para un puli-

miento limpio y exacto del molde.

2°-) Barra de transición perfecta y por tal motivo buena potencia adherente de la zona blanca sobre el núcleo gris, sin desprendimientos.

3°-) El núcleo blanco ~~por las~~ ^{por las} cualidades de la fundición gris.

Ello significa:

- a) Buen efecto amortiguador contra vibraciones y por tal motivo marcha suave de los rodillos .
- b) Fácilmente manipulable.
- c) Buenas propiedades de rodamiento y la flexibilidad del muñón de fundición gris en el material de cojinete.

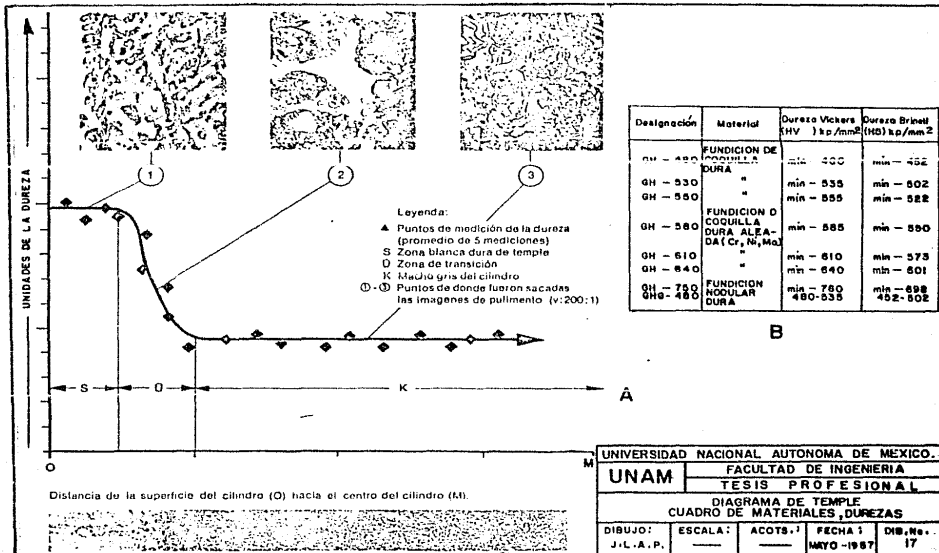
La medición de la dureza pertenece al ensayo no destructivo de materiales. En general se comprende por dureza la resistencia que opone un cuerpo contra la introducción de otro, teniendo el cuerpo de penetración mayor dureza. En ello se basan los distintos métodos para determinar las durezas de los materiales.

Para el método Vickers (HV) se utiliza como cuerpo de penetración un diamante. Comparado con el ensayo clásico Brinell (HB) tiene el mismo la ventaja de que el material más duro, el diamante, no sufre ninguna deformación plástica ó elástica.

En el cuadro del Dibujo No. 17-B se describen los materiales más comunes y sus durezas en la fabricación de rodillos.

En base a las características requeridas por los rodillos, se pue

de observar que el material de fundición con las propiedades ya mencionadas cumple satisfactoriamente, ya que se tiene una alta dureza necesaria para resistir el desgaste para un buen acabado de superficie y al mismo tiempo un núcleo tenaz que absorbe vibraciones mecánicas.



3.- CUCHILLAS.

Estas cuchillas ó "doctores", como habíamos mencionado anteriormente son parte complementaria de los rodillos con excepción del último. Dichas cuchillas son accionadas por un mecanismo que puede ser manual ó automático y permite ajustarlas al rodillo haciendo la función de "raspador" para mantener a los rodillos completamente limpios a la vez que impide que el papel se enrede en los mismos.

En el Dibujo No. 15-A indica claramente la posición que deben mantener las cuchillas en los rodillos; las cuchillas deben ser de un material que a la vez de no maltratar al rodillo, tenga la suficiente consistencia para lograr su cometido, por lo que se recomienda que sean de acero de menor dureza ó monel de un espesor -- aproximado de 0.035" y que trabajen a un ángulo de 30° con una presión de 0.5 a 0.75 psi.

Es muy importante que las cuchillas lleven un achaflanado en la parte que está en contacto con el rodillo con el fin de dar un ángulo de salida a los residuos que pueda tener el rodillo y evitar que se atasquen entre la cuchilla y el rodillo.

4.- PISTONES.

La calandra puede estar equipada con dispositivos para aplicar presión a los extremos de los rodillos, éstos dispositivos pueden ser neumáticos ó hidráulicos ó por medio de un sistema mecánico de palanca y cargas, ésta presión es aplicada al rodillo superior y es transferida a través de los rodillos intermedios.

hasta al rodillo inferior, ésta presión es aplicada independientemente al lado transmisión ó al lado frontal de los rodillos, según los requerimientos; ésta puede ser incrementada de acuerdo a la velocidad de la hoja.

Sin embargo en máquinas de alta velocidad y muy anchas, no es muy recomendable aplicar presión a los extremos de los rodillos.

El uso de aire comprimido tiene un atractivo práctico general para pasar el papel del último secador hacia el primer punto de contacto de la calandra, el objeto es abreviar el camino usual soplando con un sifón de aire, a través de un ducto hacia la calandra.

III-d) EFECTOS MECANICOS.

De entre las muchas variables que podrían intervenir en la acción y efecto del calandrado, está la rotación de los rodillos con ó sin papel, el análisis en especial de éste factor es esencial para, obtener alguna idea del tiempo de mecanismo que produce las mejoras en la calidad del papel, los puntos de contacto (nips) en la calandra son esencialmente fuerzas cíclicas a velocidades altas. En un principio se consideraba que tan solo dos fuentes de energía se consumían, siendo evidentes: El suministro de energía a la hoja debido a la compresión y ali'samiento producidos por cada punto de contacto y las pérdidas de fuerza, por histéresis debido a la deformación de la prensa, la primera fuente representa el trabajo útil total suministrado a la calandra.

Las pérdidas de esfuerzos por histéresis se presentan debido a que las prensas obedecen a las leyes de Hooke de elasticidad y - además pérdidas de energía que se presentan como energía calorífica en las prensas.

Es por ésto que hablaremos específicamente de los efectos mecánicos de los rodillos ya que son, como ya se había mencionado anteriormente la parte más importante de la calandra.

Como es de suponerse, uno de los aspectos más inquietantes, es el saber conocer el punto óptimo de rendimiento ó vida de los rodillos antes de que llegue a causar efectos negativos en la producción. Para ésto no hay una receta estricta y definida pues depende de una combinación de factores de acuerdo a las condiciones de operación de cada empresa.

Por lo tanto es importante contar con personal que cuente con experiencia para saber determinar de acuerdo al estado físico del rodillo el riesgo que corre por un lado, y por el otro determinar el tipo de mantenimiento preventivo que si es llevado adecuadamente prolongará considerablemente la vida útil del rodillo.

En el Dibujo No. 18 se pueden apreciar los principales efectos - mecánicos causados en los rodillos y sus causas.

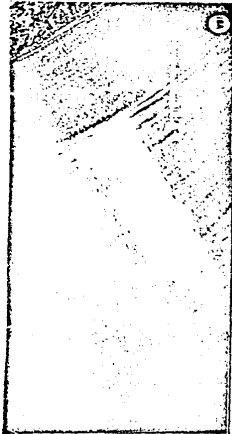
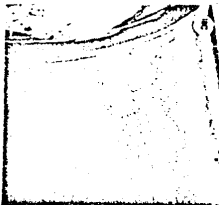
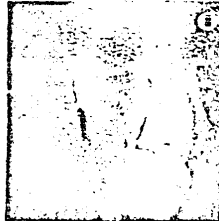
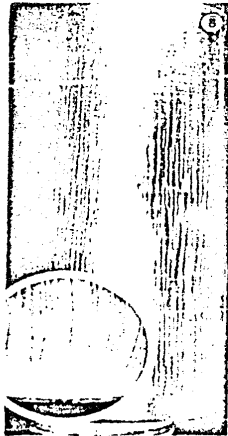
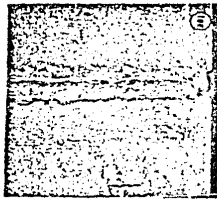
La figura No. 18-A muestra el primer síntoma de fatiga del material. Se aprecian grietas poco profundas sobre la superficie, -- usualmente comienzan en los extremos de los rodillos perjudicando con ésto los perfiles ó extremos de la hoja de papel.

En la 13-B se aprecian grietas en la superficie causadas por bolas de pasta muy duras, cuchillas, raspadores, etc. Si se tiene conocimiento que un rodillo ha sido objeto de un accidente causado por objetos como los ya mencionados, aunque no se vean daños aparentes, la superficie debe ser revisada minuciosamente a la primera oportunidad para evitar daños mayores.

Las superficies gastadas que se ven en la figura No. 13-C pueden no tener una razón aparente, pudiendo achacarse al bajo espesor del material afectado por la abrasión del papel y la presión excesiva de los pistones en esos puntos. Podría también detectarse éste efecto en forma de bandas circulares en diferentes partes del rodillo.

En las condiciones en que se encuentra un rodillo como el de la figura No. 13-D no hay ninguna posibilidad de repararlo.

En el cuadro 13-E la falla puede ser, ó por un incorrecto cálculo del coronamiento ó por un coronamiento gastado por servicio prolongado el cual produce un área de sobre carga en el rodillo. Esta puede estar en el centro ó cerca de los extremos y puede ser resultado de las fallas por alta presión.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
TESIS PROFESIONAL				
EFECTOS MECÁNICOS EN LOS RODILLOS				
DIRUGO:	ESCALA:	ACRÓS:	FECHA:	NO. No.
J.L. S.R.	—	—	MAYO-1957	86

IV- ANALISIS MECANICO Y PARAMETROS DE SELECCION.

IV-a.- CORONAMIENTO DE RODILLOS.

El coronamiento es la curvatura que se le da a la superficie del rodillo con el fin de mantener la misma separación entre dicho rodillo y el siguiente, debido a la deflexión producida por los propios rodillos ó las presiones ejercidas en ellos a la hora de estar trabajando. De hecho el coronamiento es sólo una de las tres partes que integran el manejo de las presiones adecuadas a los rodillos de la calandra éstas son: coronamiento, nip relieving y roll bending, ya que dependiendo del número de rodillos, los desgastes de los mismos ó las variaciones mismas del calibre, entre otras cosas, será que se deban manejar una ó varias de las variables, antes mencionadas.

El número de rodillos en la calandra es un factor determinante para lograr obtener una calidad aceptable, pues ésta depende precisamente del número de veces que pase el papel por entre éstos, por ejemplo:

En la figura No. 19 se puede apreciar el efecto de la carga en el punto de contacto con respecto al acabado de la hoja. La línea "C" indica gráficamente el incremento en la presión en los puntos de contacto y la disminución del calibre conforme pasa la hoja - desde la parte superior a la parte inferior de la calandra.

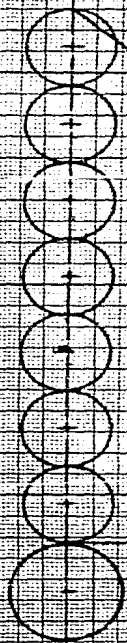
En algunas calandras la línea "A" indica la presión mínima necesaria para el acabado efectivo de la hoja y la línea "B" es el límite máximo de presión aplicable sin dañar la hoja, en otras palabras es el rango para obtener una presión óptima.

Es fácil ver en éste diagrama, que en los dos primeros puntos de contacto la hoja no ha sido terminada; entre los puntos de contacto tercero y sexto, la hoja sería terminada correctamente, y usando los siete puntos de contacto nosotros probablemente produciríamos una hoja que no se podría vender debido a que se saldría de la especificación solicitada.

Por consiguiente, para nuestro ejemplo en particular, para obtener una buena calidad, la calandra debe ser coronada para un máximo de seis puntos de contacto (7 rodillos).

Cada calidad ó tipo de papel tiene sus propios límites de acabado, tanto mínimo como máximo. Esto significa que el área entre la línea "A" y la línea "D" no siempre estará en la misma posición con respecto a la carga en los puntos de contacto.

No. DE RODILLOS



C

A

B

DISMINUCION DE CALIBRE
INCREMENTO DE PRESION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

GRAFICA CALIBRE - PRESION DEL PAPEL
EN LA CALANDRA

DIBUJO:
J.L.A.P.

ESCALA:
—

ACOTS.:
—

FECHA:
MAYO-1987

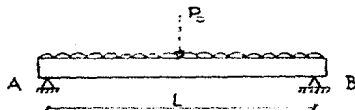
DIB.No.
19

Esto nos lleva directamente al problema de selección del coronamiento que a continuación se describe.

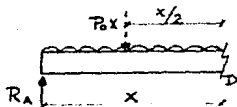
Para determinar el coronamiento es necesario considerar el número de rodillos, sus cargas, los momentos de inercia, sus dimensiones y otros parámetros. Para comprender un poco mejor el desarrollo de éste estudio, apoyémonos en la figura No. 20.

Sabemos por experiencia que cualquier cuerpo, debido a su propio peso y a factores externos está sujeto a un efecto de deflexión y nuestros rodillos en estudio no son la excepción. Para calcular la deflexión producida en los rodillos, partamos del siguiente razonamiento:

Considerando al rodillo como una viga apoyada por sus extremos con una carga uniforme repartida P_0 [Kg/m] tenemos:



Haciendo el D.C.L. para la sección de la izquierda y considerando $M(+)$ y $V(+)$ con respecto a "D":



$$R_A = 1/2 P_0 L$$

$$M = 1/2 P_0 L X - 1/2 P_0 X^2$$

Utilizando la ec. de flexión en una viga:

$$\frac{d^2 \Delta}{dX^2} = \frac{M(X)}{E I}$$

donde Δ = Deflexión

$$dX^2 \quad E I$$

Sustituyendo:

$$E I \frac{d^2 \Delta}{dx^2} = -1/2 P_0 x^2 + 1/2 P_0 L x$$

Integrando:

$$E I \frac{d\Delta}{dx} = -1/6 P_0 x^3 + 1/4 P_0 L x^2 + C_1$$

Integrando nuevamente:

$$E I \Delta = -1/24 P_0 x^4 + 1/12 P_0 L x^3 + C_1 x + C_2 \text{-----} \textcircled{1}$$

Como $\Delta = 0$ en ambos extremos, hacemos $x = 0$, y obtenemos:

$$C_2 = 0$$

Haciendo ahora $x = L$; $\Delta = 0$

Sustituyendo en $\textcircled{1}$:

$$0 = -1/24 P_0 L^4 + 1/12 P_0 L^4 + C_1 L$$

Por lo tanto:

$$C_1 = -1/24 P_0 L^3$$

Sustituyendo C_1 y C_2 en $\textcircled{1}$ y despejando Δ :

$$\Delta = \frac{P_0}{24 E I} (-x^4 + 2 L x^3 - L^3 x)$$

Como la Δ_{\max} ocurrirá en $x = L/2$:

$$\Delta_{\max} = \frac{P_0}{24 E I} \left(-\frac{L^4}{16} + 2L \frac{L^3}{8} - L^3 \frac{L}{2} \right)$$

$$\Delta_{\max} = \frac{-5 P_0 L^4}{384 E I}$$

Para nuestro caso particular:

$$P_0 = \frac{P}{L}$$

Entonces:

$$\Delta_{\max} = \frac{-5 P L^3}{384 E I}$$

Utilizando solo la longitud útil de trabajo:

$$\Delta_{\max} = \frac{P L^2 (L_7)}{384 E I}$$

donde: $L_7 = 12 B - 7 L$

Quedando finalmente:

$$\Delta = \frac{P \times L^2 \times (12B - 7L)}{384 \times E \times I}$$

En el caso específico del rodillo rey sería:

$$\Delta_k = \frac{P_k \times L^2 \times (12B - 7L)}{384 \times E \times I_k}$$

donde:

- Δ_K = Deflexión del rodillo rey
L = Ancho del papel através de la calandra, (usualmente = longitud de la cara - 3")
B = Distancia entre centros de los baleros
E = Módulo de elasticidad (para rodillos de calandras = 19.5×10^6 psi)
 I_K = Momento de inercia del rodillo rey
 P_K = carga total del rodillo rey
= $W_K + (N_Q \times W_Q) + (N_I \times W_I)$

Y :

- W_K = Peso del rodillo rey
 N_Q = Número de rodillos reina
 W_Q = Peso del rodillo reina
 N_I = Número de rodillos intermedios
 W_I = Peso de cada rodillo intermedio (incluyendo espigas, baleros, cajas, etc.)

Para el caso del rodillo reina:

$$\Delta_Q = \frac{2P_Q \times (L^2) \times (12B - 7L)}{384 \times E \times I_Q}$$

donde:

- Δ_Q = Deflexión del rodillo reina
 P_Q = Carga de deflexión sobre el balero del rodillo reina
L = Ancho del papel a través de la calandra.
(usualmente la longitud de la cara - 3")
B = Distancia entre centros de los baleros.
E = Módulo de elasticidad (para rodillos de calandras =

$$19.5 \times 10^6 \text{ psi})$$

I_q = Momento de inercia del rodillo reina.

y finalmente para los rodillos intermedios:

$$\Delta_I = \frac{2 P_I \times (L^2) \times (12B - 7L)}{384 \times E \times I_I}$$

donde:

Δ_I = Deflexión del rodillo intermedio

P_I = Carga de deflexión sobre el balero del rodillo intermedio.

L = Ancho del papel a través de la calandra
(usualmente la longitud de la cara - 3")

B = Distancia entre centro de los baleros

E = Módulo de elasticidad (Para rodillo de calandras =
 19.5×10^6 psi)

I_I = Momento de inercia del rodillo intermedio

Por consiguiente, el coronamiento que se deberá aplicar en el rodillo reina puede ser determinado como una función de las deflexiones, ó sea:

$$\theta_q = 2 (\Delta_q - \Delta_I)$$

donde:

θ_q = Coronamiento del rodillo reina

consecuentemente:

$$\theta_k = 2 [\Delta_k - (\Delta_q + 1/2 \theta_q)]$$

donde θ_k = coronamiento del rodillo rey

Por ejemplo, suponiendo los siguientes datos para nuestra calandra:

$$W_k = 44,000 \text{ lbs.}$$

$$W_Q = 22,000 \text{ lbs.}$$

$$W_I = 11,000 \text{ lbs.}$$

$$L = 86''$$

$$B = 100''$$

$$E = 19.5 \times 10^6 \text{ lbs/in}^2$$

$$\phi_K = 20''$$

$$\phi_Q = 17.250''$$

$$\phi_I = 13.5''$$

$$N_Q = 1$$

$$N_I = 6$$

$$N_K = 1$$

Entonces la deflexión para el rodillo rey será

$$\Delta_K = \frac{(P_K)(L^2)(12B - 7L)}{384 \times E \times I_K}$$

Pero:

$$\begin{aligned} P_K &= W_K + (N_Q \times W_Q) + (N_I \times W_I) \\ &= 44,000 + (1 \times 22,000) + (6 \times 11,000) = 132,000 \text{ lbs.} \end{aligned}$$

sustituyendo valores:

$$\Delta_K = \frac{(132,000)(86)^2(12 \times 100 - 7 \times 86)}{(384)(19.5 \times 10^6)(8234)}$$

$$\text{por lo tanto } \Delta_K = 0.0095 \quad (\text{cóncavo})$$

Análogamente, para el rodillo reina:

$$\Delta_Q = \frac{(2P_Q)(L^2)(12B - 7L)}{(384)(E)(I_Q)}$$

Sustituyendo valores:

$$\Delta_Q = \frac{(2 \times 22,000)(86)^2(12 \times 100 - 7 \times 86)}{(384)(19.5 \times 10^6)(4,346)}$$

Por lo tanto:

$$\Delta_Q = - 0.006 \quad (\text{convexo})$$

Finalmente, para los rodillos intermedios:

$$\Delta_r = \frac{(2P_r) (L^2) (12B - 7 L)}{(384) (E) (I_r)}$$

Sustituyendo valores:

$$\Delta_r = \frac{(2 \times 11,000) (86)^2 (12 \times 100 - 7 \times 86)}{(384) (19.5 \times 10^6) (1,630)}$$

Por lo tanto:

$$\Delta_r = - 0.008 \quad (\text{convexo})$$

Consecuentemente los coronamientos serían:

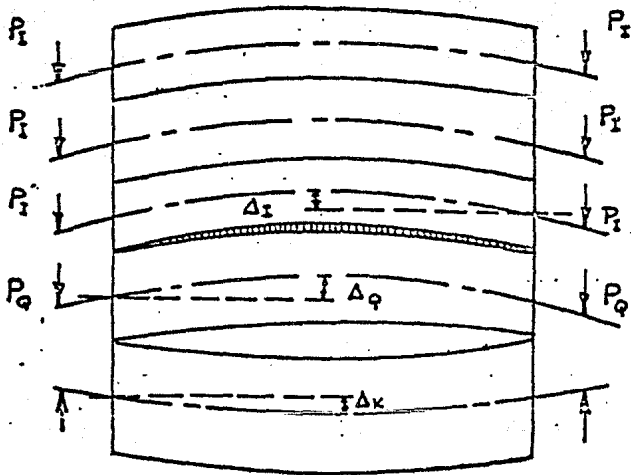
$$\theta_Q = 2 (- 0.006 + 0.008) = 0.004''$$

Y :

$$\theta_k = 2 [0.0095 - (- 0.006 + 1/2 0.004)] = 0.027''$$

Si éstos coronamientos representan los valores de deflexión para una calandra de 8 rodillos con todos en uso, no es posible usar - éste coronamiento para menos de 8 rodillos porque afectaría al - espesor del papel.

Por consiguiente, los problemas para el coronamiento de las calan dras siempre serán resueltos conociendo la relación existente entre las cargas de los puntos de contacto y el acabado de papel.

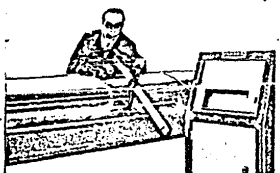


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL				
DEFLEXION EN LOS RODILLOS				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987	20

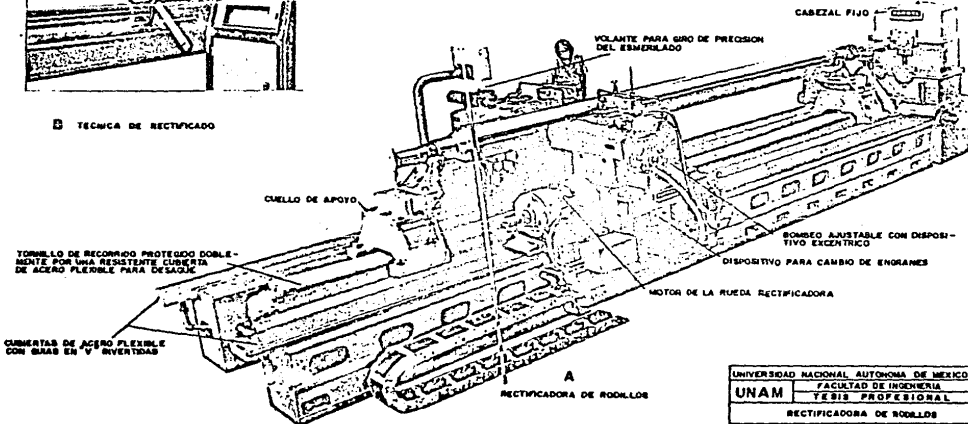
El proceso físico del coronamiento se efectúa en una máquina especial como la del dibujo No. 21-A llamada rectificadora de rodillos y bajo una técnica muy especial. Después de subir cuidadosamente el rodillo a rectificar entre los contrapuntos de la rectificadora, es necesario girarlo un cierto tiempo con el objeto de que recupere su forma original ya que como dijimos anteriormente al estar determinado tiempo sin girar, el rodillo tiende a flexionarse por su peso, lo que conducirá a tomar lecturas iniciales equivocadas.

Cuando el rodillo ha recuperado su forma original, se procede a detener el movimiento para tomar las condiciones iniciales de deformación, ayudándose de un compás especial como el de la figura No. 21-B con un indicador de carátula en el extremo de cada pata del compás que marcará las milésimas de pulgada de deformación al ir deslizándolo a lo largo de todo el rodillo. De tal manera que se comenzará a rectificar la cara del rodillo con una piedra circular especial que le irá dando la forma deseada.

Es necesario que se repita el proceso de verificar las medidas con el indicador de carátula constantemente, a fin de evitar que se desbaste mas de lo necesario con el concebido desperdicio de material, hasta que se obtenga el coronamiento requerido.



B TÉCNICA DE RECTIFICADO



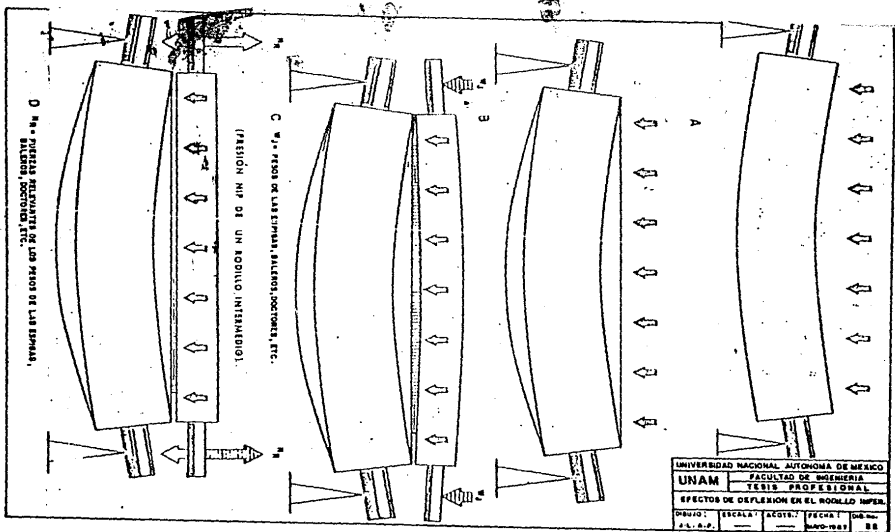
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERÍA		
TÉCIS PROFESIONAL				
RECTIFICADORA DE RODILLOS				
DRUJO:	ESCALA:	ACOTS:	FECHA:	Dib. No.
J.L.S.P.	—	—	MAR-1985	21

Sin embargo, para lograr un trabajo eficiente de la calandra no basta con darle los coronamientos a los rodillos; es sustancial tomar en cuenta otros factores que son complementos muy importantes al proceso de coronamiento en sí, éstos factores son los conocidos en el medio papelero como el "Nip Relieving" (relevamiento del punto de contacto) y el "Roll Bending" (Flexión del rodillo).

Antes de llevar a cabo la aplicación de fuerzas, debemos de estar seguros que la calandra se encuentra en buenas condiciones mecánicas, esto es que los rodillos se han rectificando correctamente, los baleros se encuentran en buen estado, etc. También comprobaremos que la hoja que entra en la calandra es de buena calidad. Partiendo de la base que el rodillo inferior de una calandra sufre una deflexión hacia abajo debido a su propio peso y la presión aplicada sobre él como se ve en el dibujo No. 22-A y sabiendo que podemos obtener resultados satisfactorios mediante el coronamiento adecuado del rodillo inferior obtendremos así un nivel uniforme del punto de contacto bajo la carga de presión dibujo No. 22-B. Sin embargo, cuando nosotros colocamos un rodillo intermedio, encontramos que existe una condición donde dicho rodillo intermedio ejerce una presión mayor en sus extremos dibujo No. 22-C. Esto se debe a una carga externa sobre el rodillo proveniente de las espigas, baleros, cajas, soportes, cuchillas y doctores. Dibujo No. 22-D, Si nosotros aplicáramos una presión hacia arriba igual a aquella que se ejerce hacia abajo, entonces obtendríamos una serie de condiciones ideales donde las fuerzas adicionales a la fuerza operante propriadamente dicho son compensadas. Bajo estas condiciones tendre

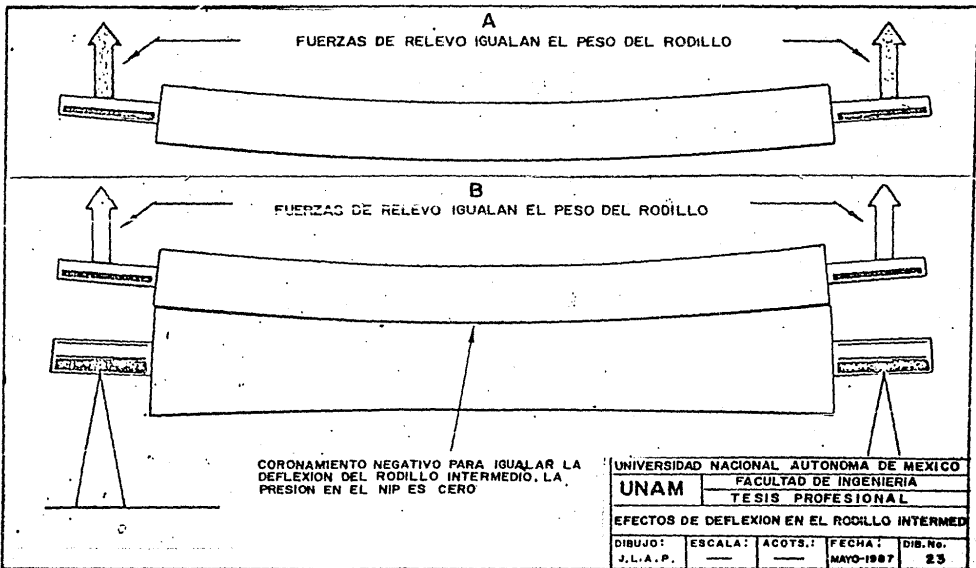
mos una presión uniforme a lo largo de la cara del rodillo. Esto es en realidad una condición compensante y debe ser tomada en cuenta para eliminar los pesos y las fuerzas de momentos de las espigas, los baleros, los brazos, cuchillas y doctores.

Podemos imaginar ahora éstos rodillos sin espigas, baleros, etc.



Siempre que tengamos un rodillo intermedio suspendido únicamente sobre sus espigas, bajo su propio peso, éste rodillo tomará una forma flexionada como se muestra en el Dibujo No. 23-A.

Si nosotros tomáramos un rodillo inferior y lo coronáramos en tal forma que su superficie superior tuviera exactamente el mismo contorno que la parte inferior del rodillo intermedio, podríamos entonces tener los dos rodillos en contacto uniforme a lo largo de toda la cara, sin aplicar ninguna presión como se ve en el Dibujo No. 23-B. Con ésta condición, obtendríamos un relevamiento del punto de contacto total.



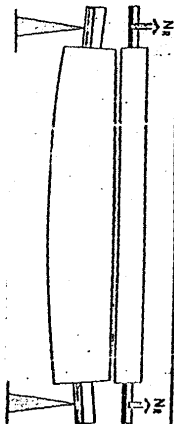
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
FACULTAD DE INGENIERIA			
UNAM			
TESIS PROFESIONAL			
EFECTOS DE DEFLEXION EN EL RODILLO INTERMEDIO			
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987
			DIB.No.
			23

Imaginemos nuevamente el rodillo correctamente coronado y compensado por la carga de una superficie de contacto Figura - 24-A.

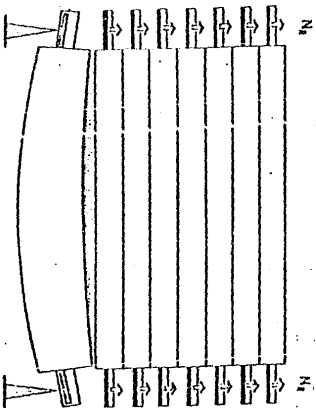
Tan pronto como coloquemos rodillos adicionales completamente compensados, el rodillo inferior se flexionará algo más y los otros rodillos se encontrarán bajo presión total descansando sobre el rodillo inferior y entonces volveremos a obtener una mayor presión en los extremos Figura No. 24-B.

Para corregir ésta condición nosotros proveemos una fuerza adicional hacia arriba cuya intensidad estará entre un " nip relieving " de cero y el " nip relieving " total, en tal forma que éstos rodillos intermedios tendrán una determinada -- flexión entre la línea recta y la curvatura total, así que ésta deflexión seguirá el contorno superior del rodillo inferior.

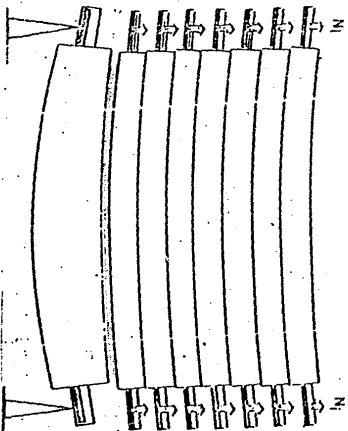
Es posible ajustar ésta presión hasta lograr que la parte inferior del rodillo intermedio y el rodillo rey tengan una -- presión uniforme a todo lo largo de la cara, Figura No. 24-C.



A 1er. PUNTO DE PUNTO DE LOS PESOS DE LAS ESPINAS.

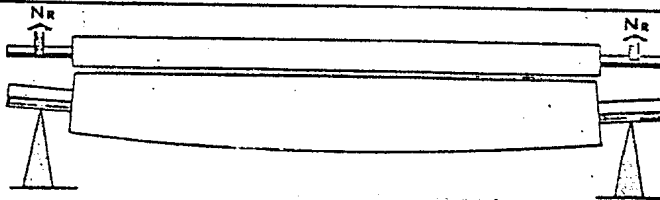


B 2da. FUERZAS REQUERIDAS DE LOS PESOS DE LAS ESPINAS.

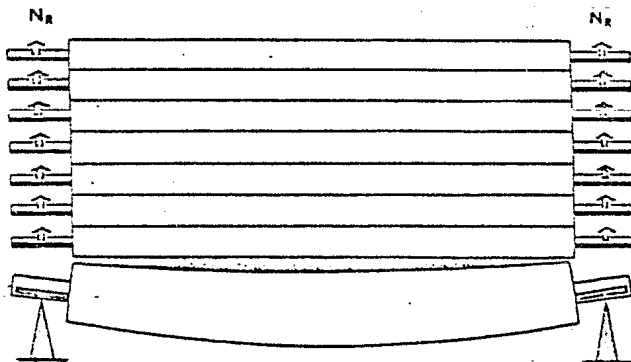


C 3ra. Nda. EL TIPO INSTRUMENTO QUE SE USA PARA EXERCER CADA UNO DE LOS EFECTOS PARA TORNAR LA CURVATURA DEL CERVICUO.

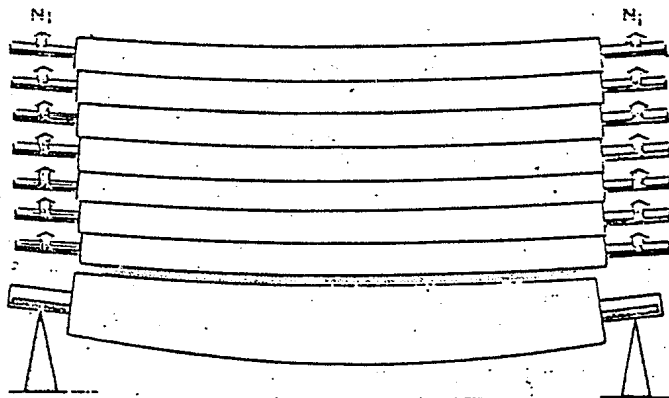
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	
UNAM	
TESIS PROFESIONAL	
EFECTOS DE DEPLECIÓN Y APLICACIÓN DEL	
IMP. BELLETRUM.	
Nombre:	Escala:
J. L. G. P.	—
Aste:	Fecha:
—	1968-1969
Ord. No.:	84



A N_R = FUERZAS RELEVANTES DE LOS PESOS DE LAS ESPIGAS, SALEROS, DOCTORES, ETC.

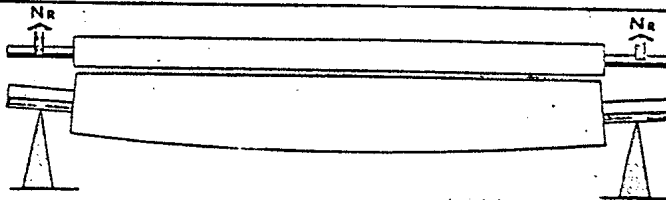


B N_R = FUERZAS RELEVANTES DE LOS PESOS DE LAS ESPIGAS, SALEROS, DOCTORES, ETC.

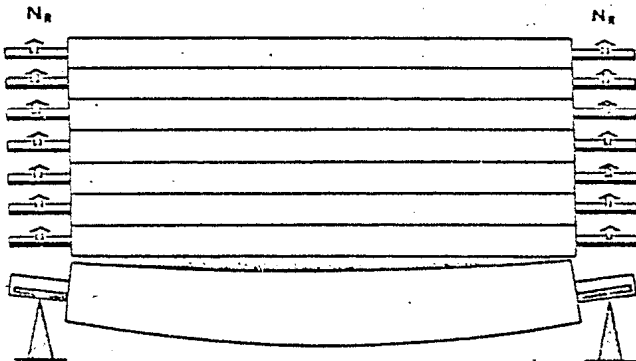


C $N_i = N_R$ = RELEVO INCREMENTADO REQUERIDO PARA ENCOMARAR CADA RODILLO INTERMEDIO PARA IGUALAR LA CURVATURA DEL RODILLO REY.

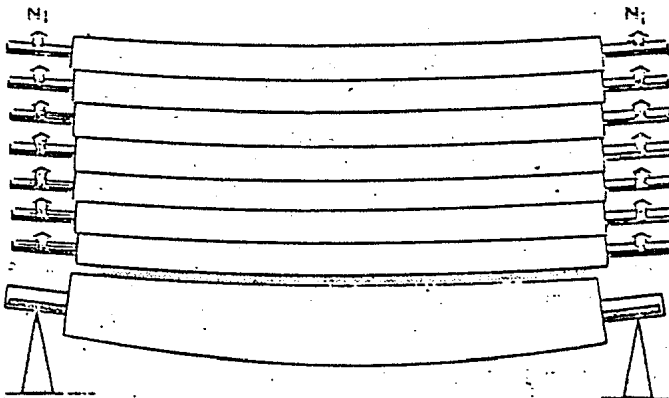
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		FACULTAD DE INGENIERÍA	
UNAM		CARRERA DE INGENIERÍA	
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA		COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	
PROYECTO:	FECHA:	INVESTIGADOR:	COLABORADOR:
J. L. A. P.			



A N_R = FUERZAS RELEVANTES DE LOS PESOS DE LAS ESPIGAS, SALEROS, DOCTORES, ETC.



B N_R = FUERZAS RELEVANTES DE LOS PESOS DE LAS ESPIGAS, SALEROS, DOCTORES, ETC.

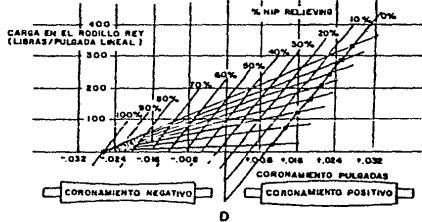
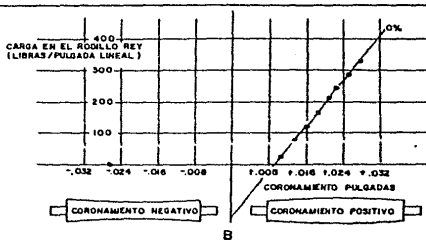
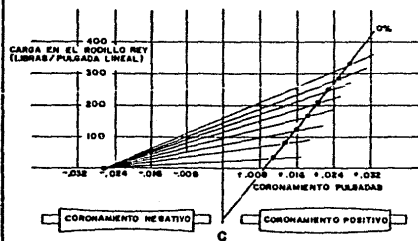
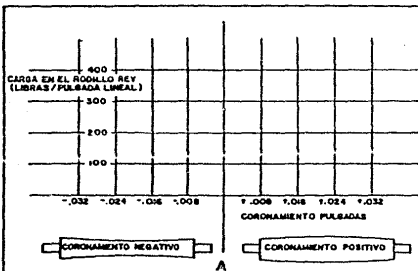


C $N_i = N_R$ = RELEVO INCREMENTADO REQUERIDO PARA ENCURVAR CADA RODILLO INTERMEDIO PARA IGUALAR LA CURVATURA DEL RODILLO REY.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		FACULTAD DE INGENIERÍA	
UNAM		INSTITUTO PROFESIONAL	
EFECTOS DE CARGAS Y DISTRIBUCION DEL		MIP. RELEVANTE	
ASIGNATURA:	EFECTOS DE CARGAS	PERIODO:	1964-65
ALUMNO:		GRUPO:	104
			R 4

Para comprender ésto mejor, veámoslo gráficamente en la figura 25. Comenzaremos con una gráfica que tendrá en el eje horizontal una corona positiva a la derecha y una corona negativa a la izquierda Dibujo No. 25-A. El eje vertical indicará la presión del punto de contacto en el rodillo rey en libras por pulgada lineal. (La experiencia nos ha demostrado que cuando colocamos un rodillo tendremos una carga específica). Es necesario coronar el rodillo rey una cierta cantidad. Si nosotros tenemos dos rodillos, tendremos una carga doble y se necesitará una corona más grande; 3, 4, 5, 6, ó 7 rodillos tendrán cargas específicas según su número y existe un coronamiento ideal del rodillo rey por cada carga. Como se ha mostrado antes, existe una condición compensante para la cual podemos coronar el rodillo rey y al mismo tiempo lograr una presión igual a cero. Considerando los datos del ejemplo numérico realizado al principio, la gráfica nos queda como el Dibujo No. 25-B. Ahora, si unimos los puntos, la línea inclinada nos representará un "nip relieving" igual a cero y el punto a la izquierda representará el 100% de "nip relieving". Ver figura 25-C. Finalmente, si dibujamos líneas paralelas a la línea de la derecha, éstas nos mostrarán varios porcentajes, desde cero a cien por ciento de "nip relieving". Vamos a suponer que hemos coronado el rodillo rey 0.008" (ocho milésimas de pulgada) y entonces trabajaremos con ésta línea vertical en la gráfica, ver dibujo 25-D. Si usamos tres puntos de contacto, tendremos aproximadamente 120 libras por pulgada lineal y ésta condición requiere 19 por ciento del "nip relieving". Con 7 puntos de contacto y para obtener aproximadamente 195 lbs. se requiere 33 % de "nip relieving". Esto es aplicable en cualquier punto a lo largo de ésta línea.

Podríamos usar cualquier número de puntos de contacto y ajustar el "nip relieving" para obtener un contacto uniforme a lo largo de la cara.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
UNAM		FACULTAD DE INGENIERÍA	
TESIS PROFESIONAL			
GRÁFICA PARA EL NP RELIEVING			
DIR. J.:	FECHA:	ACOTE:	FECHA:
J. L. A. P.			1960-1967

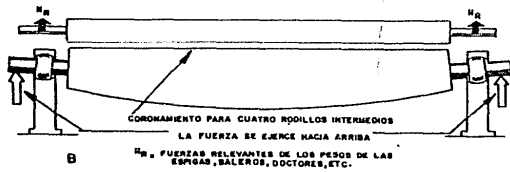
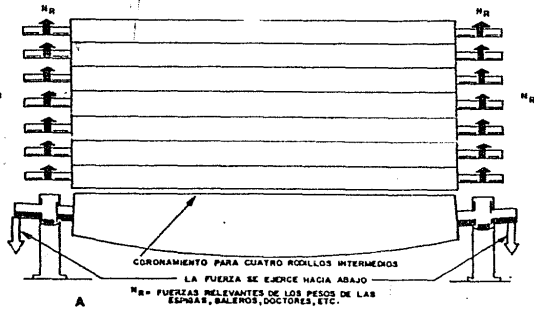
Hagamos un estudio semejante para el " roll bending" ó flexión del rodillo. Comenzaremos con cuatro puntos de contacto en base al rodillo rey y éste debidamente coronado para recibir los cuatro puntos de contacto mencionados.

Si agregamos tres más, el rodillo rey tendría tendencia a flexionarse, ó en otras palabras, como vimos en la gráfica anterior necesitaremos aumentar la corona del rodillo rey.

Si ejercemos una fuerza hacia abajo, produciremos un momento en el rodillo rey que resultará en un aumento positivo de la corona. Con ésto es posible obtener presión uniforme a lo largo de la cara de los rodillos, como podremos apreciar en el Dibujo - No. 26-A.

Ahora, si nosotros quitamos todos los rodillos excepto uno, el centro del rodillo rey se flexionará hacia arriba y nosotros - necesitaremos aplicar una fuerza contrarrestante en los extremos de las espigas a fin de flexionar el centro del rodillo -- rey hacia abajo.

El ajuste final de tal mecanismo se hace después de comprobar a mano las condiciones del rodillo, ver Dibujo No. 26-B.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
UNAM TESIS PROFESIONAL			
EFECTOS DE DEFLEXIÓN Y APLICACIÓN DEL ROLL BENDING			
DISEÑO:	ESCALA:	ACOF.S.:	FECHA:
J.L.A.F.	---	---	MAR. 1987
			ES

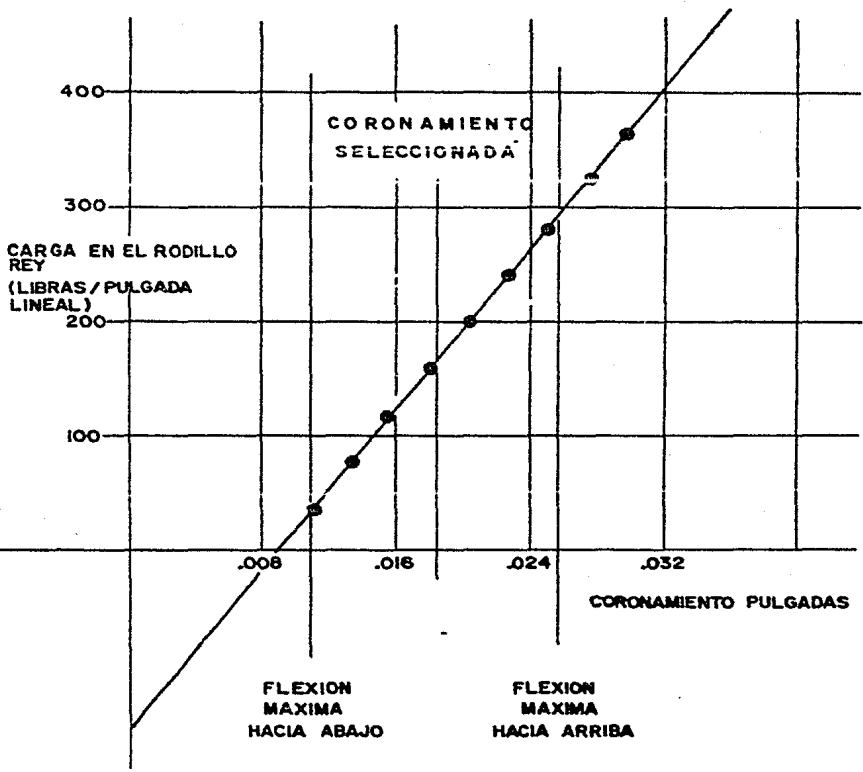
Gráficamente, haremos lo mismo que hicimos antes, colocando la corona en la coordenada horizontal y la presión en la vertical, determinamos los puntos que muestran la presión y la corona requerida. Entonces seleccionamos una cierta corona, en éste caso 0.018" puesto que ésta corona resulta la ideal para cuatro puntos de contacto. Ver dibujo No. 27.

Es posible flexionar el rodillo rey hacia arriba ó hacia abajo hasta un punto limitado únicamente por la fatiga de las espigas. Para los rodillos estandard hemos encontrado que es posible flexionar el rodillo rey hasta contrarrestar aproximadamente tres puntos de contacto en cada sentido; así que seleccionando el -- punto medio, es posible flexionar el rodillo rey hacia abajo a fin de acomodar únicamente un punto ó flexionar hacia arriba - para acomodar siete.

Si nosotros deseamos contar con cinco puntos de contacto, necesitamos accionar el control para obtener un flexionamiento hacia arriba y poder hacer los ajustes necesarios para llegar a éste punto.

A diferencia del "nip relivening" en que se opera sobre cualquier línea vertical para determinada corona, en el "roll bending" se opera a lo largo de la línea inclinada correspondiente al peso total de los rodillos comp ensados.

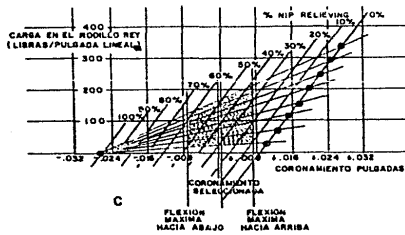
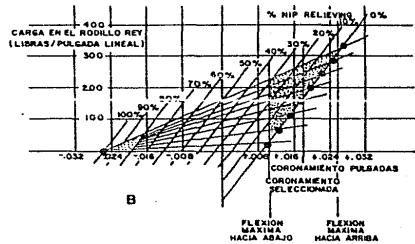
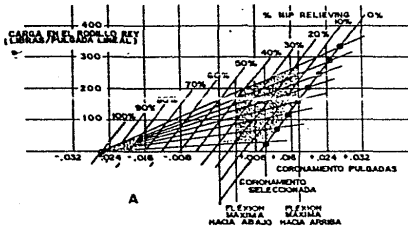
Para darnos cuenta de éste último, trabajaremos nuevamente sobre la gráfica original del " nip relieving".



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA		
		TESTS PROFESIONAL		
MARGEN DE APLICACION PARA EL ROLL BENDING				
DIBUJO: J.L.A.P.	ESCALA: —	ACOTS.: —	FECHA: MAYO-1987	DiB.No. 27

Seleccionaremos una corona, digamos para un punto de contacto, dibujo No. 28-A. Podemos flexionar el rodillo entre los 2 límites - marcados. Con el "nip relieving" operaremos sobre la línea vertical. Es fácil ver que podemos operar en cualquier lugar comprendido dentro del área ilustrada. Así, si nosotros deseamos contar con 1, 2, 3, 4, 5, ó 6 puntos de contacto a 150 lbs., fijamos el "nip relieving" a 38%, disminuimos el "roll bending" y hacemos el ajuste final después de comprobar a mano el rodillo. O bien, si deseamos utilizar 5 puntos a la misma presión, entonces debemos fijar el "nip relieving" a 26%, disminuir la flexión del rodillo rey - hasta aproximadamente 0.008" ó podríamos por otra parte contar - con 4 puntos a 150 libras con solo fijar el "nip relieving a 8% aproximadamente, flexionando el rodillo rey hacia arriba y haciendo el ajuste final después de ir girando a mano el rodillo.

Si encontramos que éstas presiones no son suficientemente altas, podemos entonces seleccionar una corona mayor puesto que las presiones son siempre menores que cuando contábamos solo con el peso total de los rodillos intermedios y por consiguiente podremos siempre operar dentro de la gama de presiones del Dibujo No. 28-B. Otro caso podría ser que se rectificara el rodillo rey hasta dejarlo sin corona. Entonces operamos dentro de la gama de presiones indicada en el Dibujo No. 28-C. Así, vemos que nosotros podemos seleccionar cualquier área sobre la gráfica entre el primer punto de contacto y el superior, dentro de los límites de flexionamiento del rodillo rey con solo seleccionar la corona que nosotros deseamos. Si nosotros quisieramos podríamos llegar a usar la corona negativa.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM				
TESIS PROFESIONAL				
GRAFICA PARA EL ROLL BENICOME				
DISEÑO:	ESCALA:	ACOTE:	FECHA:	BO. N.º:
J.L.R.P.	---	---	MAYO-1987	28

El dibujo No. 29-A muestra el diseño del brazo de "nip relieving" y la forma en que se encuentra montado a través de la columna. El dispositivo en la parte posterior contiene el diafragma de aire, mediante el cual podemos aplicar la presión necesaria para obtener el "nip relieving" necesario.

En el 29-B se muestra en detalle como se sujeta al balero del rodillo rey para "roll bending". La espiga se prolonga aproximadamente 36 pulgadas de las líneas de centros de los baleros para una máquina de 220 pulgadas de ancho. Para una máquina más pequeña, - ésta distancia sería de 30 ó 25 pulgadas.

La caja del balero exterior está conectada a la palanca bajo el piso mediante una varilla. Esta palanca se encuentra montada sobre el muro ó columna de cimentación abajo de la calandra. Un dispositivo conteniendo 2 diafragmas de aire, aplica la presión a la palanca en tal forma que si se aplica presión al diafragma de aire superior, jalaremos la varilla hacia abajo y flexionaremos el rodillo rey hacia arriba. Si aplicamos presión al diafragma inferior, obtendremos el efecto contrario.

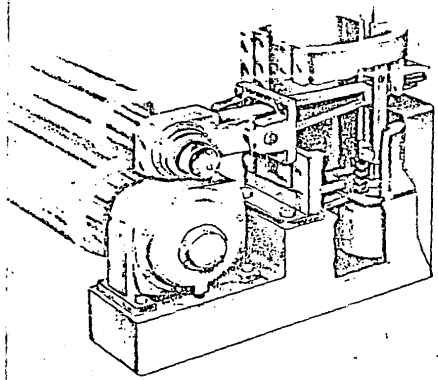
Este dispositivo ha demostrado ser extremadamente adaptable a - equipos ya existentes así como nuevas instalaciones. Pueden ser instaladas fácilmente sobre el muro de cimentación de la calandra abajo de tuberías y obstrucciones. No se necesita efectuar ningún cambio en las construcciones existentes.

Hasta la fecha se han hecho muchos intentos para eliminar el problema de la corona variable ó bien se han intentado sistemas para variar la corona sin que hasta la fecha se tengan resultados sa-

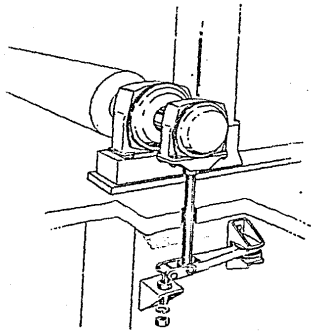
tisfactorios, ya que al usar las coronas fijas el operador deberá utilizar muchos y variados dispositivos tales como cuñas de madera, introducidas entre los baleros, tornillos montados entre las cajas de los baleros, y usados como gatos mecánicos, cojinetes de fieltro sostenidos en posición adecuada mediante las cuchillas y palancas cargadas con pesas, para obtener las correcciones necesarias en la calandra a fin de producir una hoja de calidad uniforme. Pero resulta casi imposible repetir las mismas condiciones - para un determinado tipo ó calidad de papel utilizando dichos dispositivos, por lo que se hace indispensable el uso del "nip-relieving" y el "roll bending".

El efecto del calor sobre los rodillos de la calandra constituye también un factor muy importante. Por experiencia sabemos que un solo grado Fahrenheit de variación en la temperatura de un rodillo de calandra de 16 pulgadas de diámetro, producirá un cambio en el diámetro del rodillo de un diez milésimo de pulgada aproximadamente. Por consiguiente, un rodillo de 32 pulgadas de diámetro sujeto a una variación de un grado Fahrenheit será afectado en su dimensión dos diez milésimas de pulgada.

Estos números indican la enorme importancia de obtener un acabado muy preciso de los rodillos en su rectificado y desde luego una corona correcta. Los dispositivos antes mencionados, no incorporan ningún medio para medir su efecto a fin de lograr que las condiciones de operación puedan ser duplicadas para una futura producción del mismo tipo de papel, sin contar con que dichos dispositivos pueden dañar los rodillos.



A



B

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
UNAM				
FACULTAD DE INGENIERÍA				
TESIS PROFESIONAL				
MECANISMOS DE HIP RELEVINS Y ROLL BEN				
DANS				
DISEÑADOR	EXAMINADOR	ACREDITADO	FECHA	DM. No.
J. L. A. P.	—	—	MAYO-1988	58

IV-b.- BALANCEO DE RODILLOS.

El éxito que tenga una empresa dependerá por lo general del funcionamiento continuo, seguro y productivo de su maquinaria, y el mantenimiento que se le dé a las máquinas será el factor que determina su longevidad así como la seguridad y productividad con que trabajan. En el caso específico de las máquinas de papel en las que debido a la demanda trabajan las 24 horas del día dicho mantenimiento es de vital importancia, mas aún cuando se cuenta con una gran cantidad de equipo rotativo el cual está expuesto constantemente a efectos de desbalanceo (como en el caso de los rodillos de la calandra) originando excesiva vibración.

La vibración no es mas que el movimiento de un lado a otro de -- una máquina ó parte de una máquina con respecto a su posición de descanso.

La causa de la vibración tiene que ser una fuerza que cambie ó -- su dirección ó su intensidad.

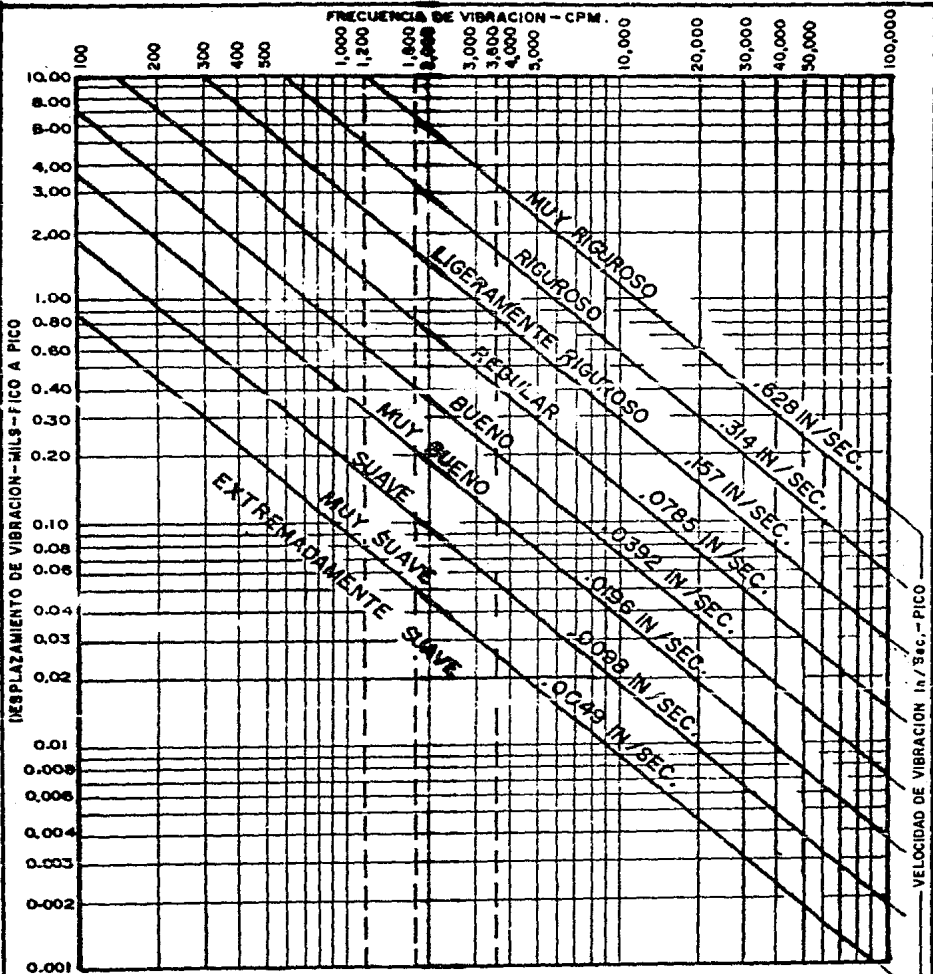
Conociendo las características de la vibración podemos identificar fácilmente con ayuda de un analizador de vibraciones la causa real de la vibración como nos lo indica la tabla del Dibujo No. 30.

IDENTIFICACION DE VIBRACION				
CAUSA	AMPLITUD	FRECUENCIA	TIPO	CONSECUENCIAS
Desequilibrio	Proporcional al desequilibrio mayor en cualquier direcci6n	1 RPM	Marcas de referencia unaica	Quiso m6s com6n de vibraci6n
Desalineaci6n de acoplamiento o desalineaci6n y desbalanceo	Menor en sentido axial 50% a m6s de vibraci6n radial	1 RPM y sus m6ltiplos 2 y 3 y RPM a r6ces	Unaica, doble o m6ltiple	Influencia m6s segura aparici6n de vibraci6n axial en las m6quinas industriales. En caso de ser m6quina con colector de banda sin desalineaci6n de acoplamiento equilibria la m6quina
Excesivos desbalanceos tipo anti-tri6nica	Inestable en todas las direcciones de vibraci6n al posible	Elvuelocidad variable veces RPM	Er6tica	Causante culpable a lo mejor ser6 el m6s grave de la vibraci6n de frecuencia m6s elevada
Corrosi6n axial	Muy pocas veces	1 x RPM	Marcas unaica	En caso de averaas, mayor vibraci6n h6lta en sentido con centro de gravedad. Si vibraci6n de motor o generador, desbalanceo al apagar corriente. En caso de bomba o compresor, trata de equilibrar.
Averas de colector o rotaci6n de velocidad	Baja - Unica al colector, m6ltiple de velocidad	Velocidad m6ltiple de dientes x RPM	Er6tica	
Juego mec6nico		2 x RPM	Das marcas de referencia ligeramente er6tica	Paralelismo lo acepta el desequilibrio y la desalineaci6n
Corrosi6n de transmisibilidad de vibraci6n	Er6tica y pulsada	1, 2, 3 y 4 x RPM de corrosi6n	Das marcas a dos o m6ltiple frecuencia las para identificar causas de vibraci6n m6s veces instant6neas	En las m6quinas de tipo de vibraci6n m6ltiple de frecuencia m6ltiple de velocidad
El6ctricos	Desaparece al apagar la corriente	1 x RPM o 1 o 2 x frecuencia alimentaci6n	Marcas unaica o doble m6ltiple	Si falta de repente la amplitud bajar la corriente, causa es el6ctrica
Averas de m6quina y m6quina		1 x RPM o el m6ltiple de los dientes del 2 al m6ltiple x RPM		En las m6quinas de tipo de vibraci6n m6ltiple de frecuencia m6ltiple de velocidad
Averas de m6quina		1, 2 y 6 veces m6ltiple de RPM		Das inherentes en las m6quinas de tipo de vibraci6n m6ltiple de frecuencia m6ltiple de velocidad

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM		TESIS PROFESIONAL		
FRECUENCIA DE VIBRACION Y CONSECUENCIAS				
SUBJETO:	ESCALA:	NOTA:	FECHA:	DEL:
J. A. P.			MAYO - 1977	30

Las características de desplazamiento, velocidad y aceleración de la vibración se miden para determinar cuanta y cuan severa es la vibración. Los valores de desplazamiento, velocidad ó - aceleración de la vibración se denominan la amplitud de vibración. En lo que hace al funcionamiento de una máquina, la amplitud de la vibración es la indicación que sirve para determinar cuan bien ó mal funciona la máquina. Mientras mayor la amplitud más severa es la vibración.

La gráfica del Dibujo No. 31 nos sirve como guía para seleccionar niveles d. vibración mecánica admisibles.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM				
TESIS PROFESIONAL				
LIMITES DE ACEPTABILIDAD DE LA VIBRACION				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J. L. A. P.	—	—	MAYO-1983	31

Cada tipo de desbalanceo se define por la relación que guarden entre sí el eje central principal y la línea central rotatoria de la máquina. En realidad, hay cuatro tipos de desequilibrio, a saber: El estático, por par, cuasi-estático y dinámico.

El desbalanceo estático es la condición de desequilibrio que se produce al quedar desplazado el eje central principal en paralelo con la línea central rotatoria de acuerdo con lo ilustrado en el Dibujo No. 32-A.

El desequilibrio estático, que a veces se denomina el desequilibrio cinético ó de fuerza, puede detectarse colocando la pieza en cuestión sobre los filos de dos navajas en paralelo. Así el lado pesado del rotor irá a parar hacia lo más bajo.

El desequilibrio por par de fuerzas es la condición que existe cuando cruce el eje central principal la línea central rotatoria en el centro de gravedad del rotor.

Un "par" no es más que dos fuerzas iguales en paralelo que actúan de sentido contrario una a otra pero no en la misma línea recta. El desequilibrio por par de fuerzas es, entonces, la condición que se dá si hay un lugar pesado en cada extremo del rotor pero hallándose en lados opuestos de la línea central como se ve en la figura No. 32-B

El desequilibrio cuasi-estático se define como la condición en la que el eje central principal cruza la línea central rotacional pero no en el centro de gravedad del rotor.

Se puede concebir el desequilibrio de dicho tipo como una combinación del desequilibrio estático y por par de fuerzas en -

que el desequilibrio estático se halle directamente alineado con uno de los momentos de par como se ve en la figura No. 32-C

El desequilibrio dinámico es, sin duda, el tipo que mas a menudo se encuentra y que se define simplemente como un desequilibrio en que el eje central principal y la línea central rotatoria no se coinciden ni se tocan. Este tipo de desequilibrio existe cuando hay presente un desequilibrio tanto estático como por par de fuerzas en que el desequilibrio estático no se halle alineado directamente con ninguno de los dos componentes del par de fuerzas.

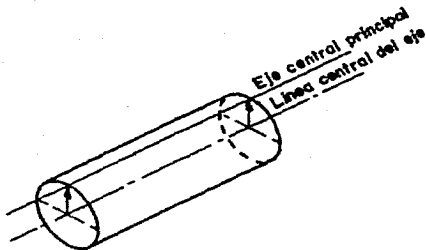
Por resultado, el eje central principal está al mismo tiempo inclinado y desplazado de la línea central rotatoria como se ve en el Dibujo No. 32-D.

Los rodillos algunas veces desarrollan vibraciones altas a ciertas velocidades. Estas velocidades se denominan velocidades críticas. Las velocidades críticas de rodillos dependen de la flexión natural de los rodillos cuando se consideran simplemente como viguetas soportadas, uniformemente cargadas por su propio peso. Algunas veces, el agregado de cargas aplicadas exteriormente, puede cambiar la velocidad crítica del rodillo.

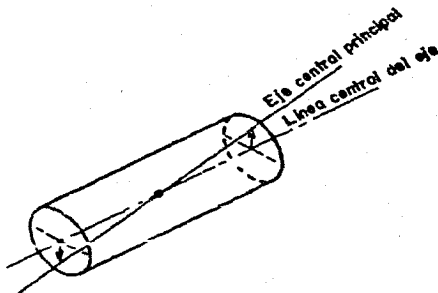
Por ejemplo, la excesiva ó dispareja tensión del fieltro en los rodillos de máquinas de papel, puede causar la flexión de éstos, lo que bajará la velocidad crítica.

Esta flexión puede aparecer como un desbalance adicional a altas velocidades. La mayoría de rodillos huecos, están diseñados -

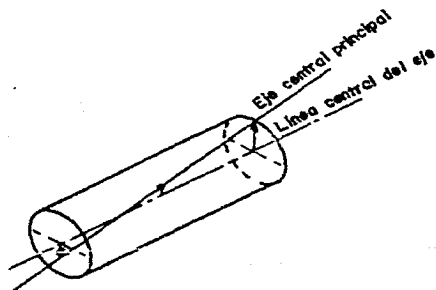
para trabajar abajo de la primera crítica de velocidad. Al aumentar las velocidades de las máquinas, es sumamente importante el balanceo a precisión de los rodillos cuando menos en 2 planos de corrección. Muchos de estos rodillos, deberán ser tratados como miembros flexibles trabajando cerca ó arriba de las velocidades críticas y deberán ser balanceados cuidadosamente para asegurar una vibración baja y proporcionar una operación satisfactoria.



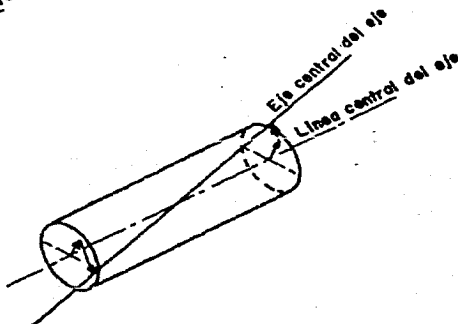
A DESEQUILIBRIO ESTÁTICO



B DESEQUILIBRIO POR PAR DE FUERZAS



C DESEQUILIBRIO CUASI ESTÁTICO



D DESEQUILIBRIO DINÁMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO				
UNAM		FACULTAD DE INGENIERÍA		
		TESIS PROFESIONAL		
TIPOS DE DESEQUILIBRIO				
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987	32

La hoja para cálculos de datos del Dibujo No. 33 ha sido desarrollada para calcular los vectores en dos planos. Los números romanos en la columna a la extrema izquierda corresponden a los puntos detallados en el procedimiento que en seguida se describirá. La del extremo cercano (c) se refiere al cojinete y al plano de corrección más próxima al punto de observar la fase, y el extremo lejano (L) se refiere al cojinete y plano de corrección opuestos. Las medidas que se toman de fase tanto para el extremo cercano como para el lejano deben usar como punto de partida la misma marca de referencia y tarjeta de fase en un solo extremo de la máquina.

PASO#	PROCEDIMIENTO DE CALCULO	SIMBOLO	PUNTO NO.	ANGULO DE FASE	PUNTO NO.	AMPLITUD DE VIB./ PESO	
I	DESBALANCE ORIGINAL (CORRIDA L)	N	1	63°	2	8.6	
		F	3	206°	4	6.5	
II	PESO DE PRUEBA (ENTREMO CERCAÑO)	TW _C	5°	270°	6°	10 oz.	
III	DESBALANCE RESULTANTE CON PESO DE PRUEBA EXT. CERCAÑO (CORRIDA N.E.)	N ₂	7	123°	8	5.9	
		F ₂	9	278°	10	4.5	
IV	PESO DE PRUEBA (ENTREMO LEJANO)	TW _L	11°	180°	12°	12 oz.	
V	DESBALANCE RESULTANTE CON PESO DE PRUEBA EXT. LEJANO (CORRIDA N.E.)	N ₃	13	36°	14	6.2	
		F ₃	15	162°	16	10.4	
VI & VII	A = N ₂ - N (N → N ₂)	A	17°	201°	18°	7.6	
	D = F ₂ - F (F → F ₂)	D	19°	124°	20°	7.3	
	aA = F ₂ - F (F → F ₂)	aA	21	350°	22	2.9	
	βB = N ₂ - N (N → N ₂)	βB	23	286°	24	4.2	
VIII	25 = 21 - 17	26 = 22 - 14	α	25°	149°	26°	.382
	27 = 23 - 19	28 = 24 - 20	β	27°	162°	28°	.575
	29 = 25 + 1	30 = 26 × 2	αN	29	212°	30	3.78
	31 = 27 + 3	32 = 28 × 4	βF	31	8°	32	3.74
			C	33	268°	34	7.15
IX & X	C = βF - N (N → βF)	C	33	268°	34	7.15	
	D = αN - F (F → αN)	D	35	20°	36	3.3	
XI & XIV	37 = 25 + 27	38 = 26 × 28	αβ	37	311°	38	.22 units
	VECTOR UNITARIO		U	39	0°	40	1.0 units
	E = U - αβ (αβ → U)		E	41°	11°	42°	.87 units
XV	43 = 33 - 41	44 = 34 - 42	αA	43	257°	44	8.21
	45 = 35 - 41	46 = 36 - 42	αB	45	9°	46	3.8
	47 = 43 - 17	48 = 44 + 18	α	47	56°	48	1.08
	49 = 45 - 19	50 = 46 + 20	β	49	245°	50	.52
	51 = 5 - 47	52 = 6 × 48	Cr.W _{1C}	51	214°	52	10.8 oz.
	53 = 11 - 49	54 = 12 × 50	Cr.W _{1L}	53	295°	54	6.24 oz.

CHÉQUEO GRAFICO DE LA SOLUCION

XVI	55 = 49 + 23	56 = 50 × 24	αβB	55	171°	56	2.18
	57 = 47 + 21	58 = 48 × 22	ααA	57	46°	58	3.13
	X = αA + αβB		X	59	243°	60	8.6
	Y = αB + ααA		Y	61	26°	62	6.5

XVII
XVIII

APLICACION DE LAS CORRECCIONES DEL BALANCEO

XIX

CALCULO ADICIONAL DE LAS CORRECCIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

UNAM

FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL

GUIA PARA CALCULO DE BALANCEO
EN DOS PLANOS

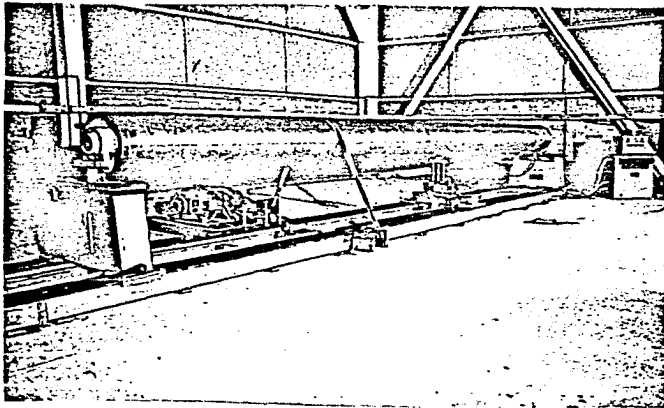
DIBUJO:	ESCALA:	ACOTS.:	FECHA:	DIB.No.
J.L.A.P.	—	—	MAYO-1987	33

El procedimiento es como sigue :

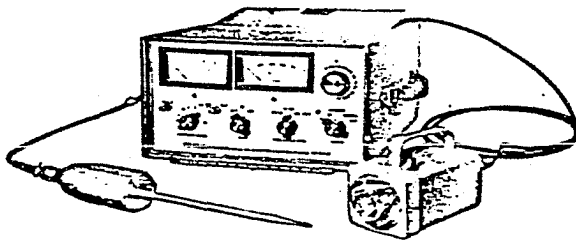
I.- Se monta el rodillo en la máquina balanceadora, como la que se muestra en el Dibujo No. 34-A y se gira a la velocidad de equilibrado, se sintoniza el analizador de vibraciones como el de la figura No. 34-B, debidamente, se observa y apunta la fase original para el extremo cercano (punto # 1), la amplitud original para el extremo cercano (punto # 2) y la fase original para el extremo lejano (punto # 3) y la amplitud original para el extremo lejano (punto # 4).

II.- Se para la máquina y se agrega una pesa de ensayo al plano de corrección del extremo cercano. Se apunta la posición angular en grados hacia la derecha desde la marca de referencia en el punto # 5. (Por ejemplo, con la pesa de ensayo en la posición que se ve en la figura del Dibujo No. 35 pondríamos 240°). Como punto # 6 se anota la cantidad de la pesa de ensayo.

III.- Con la pesa de ensayo en el plano de corrección del extremo cercano, se hace andar el rotor a la velocidad de equilibrar se observa y apunta el valor de la nueva fase para el extremo cercano (punto # 7), la nueva amplitud correspondiente al extremo cercano (punto # 8), la nueva fase para el extremo lejano (punto # 9) y la nueva amplitud para el extremo lejano (punto # 10).

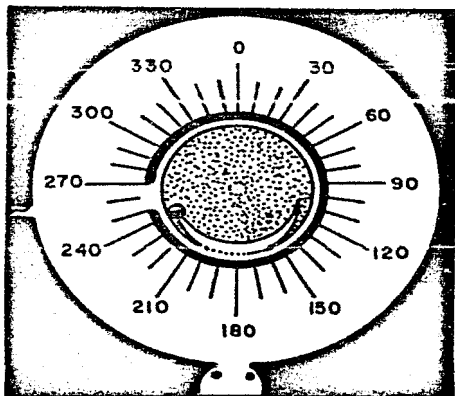


A BANCADA DE EQUILIBRAR



B ANALIZADOR DE VIBRACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
UNAM		TESIS PROFESIONAL		
EQUIPO DE BALANCEO				
DIBUJO: J. L. A. P.	ESCALA: —	ACOTS.: —	FECHA: MAYO-1987.	DIB. No. 34



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA			
	TESIS PROFESIONAL			
POSICION DE LA PESA DE ENSAYO				
DIBUJO: J. L. A. P.	ESCALA: —	ACOTS.: —	FECHA: MAYO-1987	DIB. No. 35

IV.- Se para la máquina y se saca la pesa de ensayo del extremo cercano. Con la misma pesa, u otra si así se prefiere, se agrega una pesa de ensayo al plano de corrección del extremo lejano. Se apunta como el punto # 11 la posición en grados hacia la derecha de la pesa con respecto a la marca de referencia (vista desde el extremo cercano). Se apunta el valor de dicha pesa de ensayo como el punto # 12.

V.- Con la pesa de ensayo al extremo lejano, se opera el rotor a la velocidad que se va a balancear y se revisa que esté debidamente sintonizado el filtro del analizador de vibraciones. Se observa y se apunta la nueva lectura de fase correspondiente al extremo cercano (punto # 13), la nueva amplitud para el extremo cercano (punto # 14), la nueva lectura de fase para el extremo lejano (punto # 15) y la nueva amplitud para el extremo lejano (punto # 16).

VI.- En el papel gráfico polar, se construyen los vectores N, F, N_2 , F_2 , N_3 y F_3 trazando cada uno según el ángulo físico observado y hasta un largo correspondiente a la amplitud de vibración medida. Por ejemplo, los vectores de la figura del Dibujo No. 36-A.

VII.- Se construye el vector "A" trazando una línea que conecte al extremo del vector "N" al extremo del vector " N_2 " como se ve en el Dibujo No. 36-B. Se notará en el formulario de datos del Dibujo No. 33 que el vector "A" lleva la designación de $A = (N \rightarrow N_2)$, anotación que sirve para indi-

car la dirección del vector "A" y quiere decir que el vector "A" apunta desde el extremo del vector "N" hacia el extremo del vector "N₂". La dirección es muy importante para poder calcular el ángulo del vector "A", punto # 17. El ángulo del vector "A" se calcula pasando el vector "A" de nuevo al origen del papel gráfico polar según se vé en el dibujo No. 36-B. Una regla puesta en paralelo ó un juego de escuadras pueden ser utilizados para pasar precisamente el vector "A" en paralelo hasta el origen. En nuestro ejemplo, el ángulo del vector "A" es de 201° el cual se apunta en el record como punto # 17.

La amplitud del vector "A", punto # 18 puede saberse sencillamente, midiendo su largo con la misma escala que la que se ha escogido para los vectores N, F, N₂, etc. Para fines de nuestro ejemplo en la figura del Dibujo No. 36-B el vector "A" = 7.6 mi lésimos.

Siguiendo el mismo procedimiento como el que aprovechamos para conocer el ángulo y la amplitud del vector "A", se procede a hallar los valores correspondientes de los vectores $B = (F \rightarrow F_2)$, $C \rightarrow A = (F \rightarrow F_2)$ y $\phi B = (N \rightarrow N_2)$.

Se apuntan dichos valores en el formulario de datos como puntos 19 al 24 inclusive.

VIII.- Se realizan los cálculos indicados para poder saber los valores de los puntos # 25 al 32 inclusive. Cabe aquí mencionar que los números que van en la columna titulada "Procedimiento" para cálculos" se refieren todos a los números de puntos.

Así es que (25 = 21 - 17) quiere decir que el valor del punto # 25 se calcula restandole el valor del punto # 17 del valor del punto # 21.

Durante los cálculos, puede que salgan negativos algunos resultados en lo que respecta a los ángulos, ó superiores a 360°.

Un ángulo negativo, digamos de - 35°, puede convertirse en su equivalente positivo restandole el ángulo a 360°.

Así, 360° - 35° = 325°. Un ángulo superior a 360° se convierte en uno inferior a 360° restandole 360° del ángulo en cuestión.

Por ejemplo 463° - 360° = 103°

IX.- Se construyen los vectores αN y βF del mismo modo y según la misma escala utilizada para los vectores N, F, etc.

El ángulo y el largo del vector αN se obtienen de los datos calculados, puntos # 29 y 30. Se hace uso de los vectores calculados de los puntos # 31 y 32 para construir el vector βF .

X.- Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para construir los vectores "A", "B", etc. bajo el paso VII, se procede a construir los vectores $C = (N \rightarrow \beta F)$ y $D = (F \rightarrow \alpha N)$.

Se calculan y apuntan los valores correspondientes a los vectores "C" y "D", puntos 33 al 36 inclusive.

XI.- Se calculan los valores para los puntos # 37 y 38 siguiendo el mismo procedimiento descrito bajo el punto VIII para los puntos 25 al 32 inclusive.

XII.- Con una nueva hoja de papel gráfico polar, se construye el vector de unidad (U), 1.00 unidades de largo a un ángulo

de 0° puntos # 39 y 40. El vector de unidad siempre es de 1.0 unidades a 0° para todos los problemas vectoriales de dos planos. Esta nueva escala se determina de manera que quede proporcional a los demás vectores como se ve en el Dibujo No. 36-C

No se debe confundir la escala del vector de unidad con lo que se usa para designar la amplitud de vibración para los vectores N , $-F$, N_2 , etc. Se puede considerar al vector de unidad como un vector sin dimensiones.

Por esto se sugiere que se utilice una hoja gráfica separada, para evitar confusiones.

XIII En el mismo papel gráfico con el vector de unidad, se construye el vector $\alpha\beta$ empleando la misma escala como la que se seleccionó para el vector de unidad. Se obtienen los valores para el vector $\alpha\beta$ de los datos calculados, puntos # 37 y 38. No se debe olvidar que el valor del vector $\alpha\beta$, punto # 38 se expresó en unidades, por lo que en el ejemplo en la figura 36, $\alpha\beta = 0.22$ - unidades de largo a un ángulo de 311° .

XIV.- Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para la construcción de los vectores "A", "B", etc, bajo el paso VII, se construye el vector "E" = $(\alpha\beta \rightarrow U)$. Se calculan y apuntan los valores correspondientes al vector "E" puntos # 41 y 42. No se debe olvidar de medir el largo de $\alpha\beta$, punto # 42 con la misma escala de unidad.

XV.- Se calculan los valores de los puntos # 43 al 54 inclusive siguiendo el mismo procedimiento descrito en el punto VIII.

Los puntos 51 y 52 representan la posición y la cantidad de peso de equilibrio que se necesita para el plano de corrección del extremo cercano.

Los puntos 53 y 54 constituyen la posición y la cantidad de peso de equilibrio que se necesita en el plano de corrección del extremo lejano. Los ángulos que sirven para situar las pesas para equilibrar van hacia la derecha desde la marca de referencia.

XVI.- Antes de aplicar las pesas para corregir el equilibrio según indican los puntos # 51 a 54 inclusive, es conveniente realizar una comprobación gráfica de la solución calculada de acuerdo con lo detallado abajo. Una revisión así revelará si ha habido errores ó no en la solución.

- a).- Con una nueva hoja de papel gráfico polar, se construye el vector θA según los datos calculados en los puntos # 43 y 44, y el vector ϕB de los puntos # 45 y 46. Para el largo de dichos vectores se utiliza la misma escala que la seleccionada para los vectores originales N, F, N_2 , etc.
- b).- Se calculan los valores de amplitud y ángulo del vector ϕB . La amplitud = al punto # 50 x punto # 24 y el ángulo = punto # 49 + punto # 23.
- c).- Se calculan los valores de amplitud y ángulo para el vector θA . La amplitud = punto # 40 x punto # 27 y el ángulo = punto # 47 + punto # 21

d).- Por medio de los valores calculados, se procede a construir los vectores ϕB y θA según la misma escala utilizada para ϕB y θA . Ver el Dibujo No. 36-D

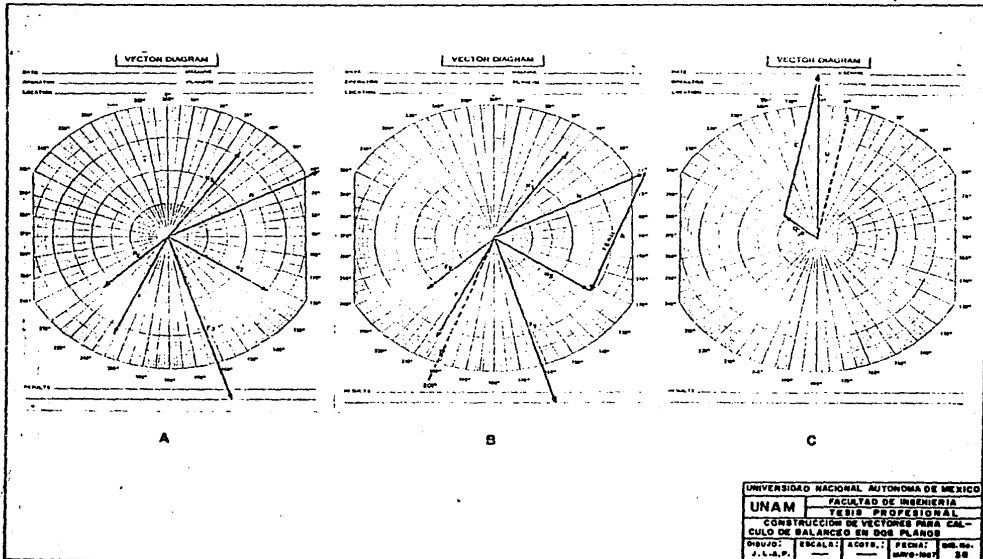
e).- Se construye el vector γ sumando los vectores ϕB y θB , completando el paralelogramo que aparece en el Dibujo No. 36-E. La diagonal de dicho paralelogramo es el vector "X" que debe ser igual al vector "W" original en su largo pero directamente opuesto.

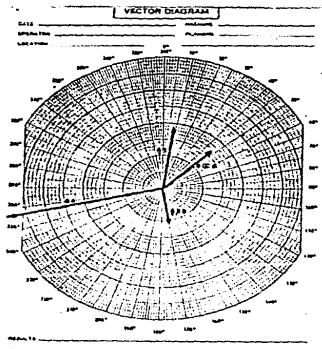
f).- Se construye el vector "Y" sumando los vectores ϕB y θA , nuevamente complementando el paralelogramo. El vector "Y" debe ser igual al vector original "F" en su largo y directamente opuesto al mismo.

g).- Si los vectores "W" y "X" ó los vectores "F" y "Y" no son iguales y opuestos es que ha habido un error en la solución.

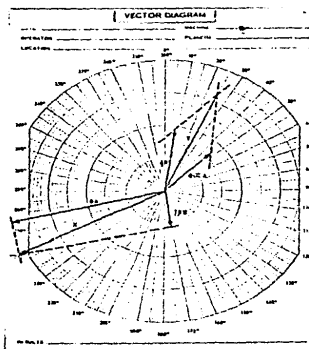
XVII.- Si la comprobación gráfica indica que la solución ha sido calculada correctamente, se procede a realizar las correcciones de equilibrio indicadas en el paso XV. Se debe quitar la pesa de ensayo agregada en el paso IV.

XVIII.- Aplicadas las correcciones de equilibrio, se opera el rotor y se revisa que la vibración haya sido reducida a un nivel aceptable.





D



E

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
TESIS PROFESIONAL			
CONSTRUCCION DE VECTORES PARA CAL- CULO DE BALANCEO EN DOS PLANOS			
ALUMNO:	SECCION:	ASISTENTE:	FECHA:
J.L.G.P.	---	---	04/10-1947
			DEA

IV-c.- SELECCION DE RODAMIENTOS.

En esta sección solo se sugerirán algunas recomendaciones para la selección adecuada de los rodamientos de la calandra, con el fin de mejorar la eficiencia y duración (ó sea el número de revoluciones ó de horas a una velocidad constante determinada) que el rodamiento pueda dar antes de que se manifieste el primer signo de fatiga en uno de sus aros ó de sus elementos rodantes.

De ninguna manera se pretende realizar un estudio a fondo de dicha selección, ya que por lo amplio del propio tema se requeriría para éste solo estudio, un trabajo en particular, sin embargo, sí considero conveniente hacer notar los factores mas importantes para una buena selección .

CARGA DINAMICA.- Las cargas producidas como consecuencia de los pesos, por ejemplo de los pesos propios de los ejes y de las piezas montadas sobre ellos, los pesos del rodillo, etc., y otras fuerzas de inercia, son conocidas ó pueden calcularse. No obstante, para determinar las cargas producidas como consecuencia del trabajo (fuerzas de laminación, fuerzas de corte, en máquinas herramientas, etc.), y como consecuencia de las cargas de choque ó de las cargas dinámicas adicionales, por ejemplo, por haberse producido un desequilibrio, suele ser necesario estimar la carga partiendo de la experiencia obtenida con otras máquinas y disposiciones de rodamientos.

CARGA ESTATICA.- Esto es: Cuando un rodamiento bajo carga está pa-
rado, efectúa lentos movimientos de oscilación ó funciona a velo-
cidades muy bajas, su capacidad para soportar carga no viene de-
terminada por la fatiga del material, sino por la deformación per-
manente en los puntos de contacto entre los elementos rodantes y
los caminos de rodadura. Esto también es válido para rodamientos-
giratorios sometidos a elevadas cargas de choque durante una frag-
ción de revolución.

LIMITES DE VELOCIDAD.- La máxima velocidad de rotación admisible
en los rodamientos de bolas y de rodillos depende del tipo de ro-
damiento y de su tamaño, de la carga y de su lubricación, de las
condiciones de refrigeración, del tipo de jaula y del juego radial
interno del rodamiento. El principal factor limitador, sin embargo,
es la temperatura de funcionamiento admisible del lubricante.
Algunas veces se requiere circulación de aceite, con refrigeración
adicional del mismo. Para incrementos mayores puede usarse la lu-
bricación por niebla de aceite ó por chorro de aceite, También -
es necesaria frecuentemente emplear rodamientos con jaulas especia-
les, tales como las empleadas en la mayoría de los rodamientos de
precisión, ó con mayor juego radial interno.

ROZAMIENTO.- La resistencia de rozamiento de un rodamiento depende
de varios factores, siendo los más importantes la carga aplicada so-
bre el rodamiento, las propiedades del lubricante y la velocidad de
rotación.

AJUSTES Y TOLERANCIAS.- Las tolerancias para el agujero y para el diámetro exterior de los rodamientos métricos están normalizadas internacionalmente. Se obtiene el ajuste deseado seleccionando tolerancias adecuadas para el eje y el alojamiento, dentro del sistema internacional de tolerancias ISO (Organización Internacional de Normalización.)

JUEGO INTERNO.- El juego interno de un rodamiento es la distancia total, medida sin carga, que puede desplazarse uno de sus aros - con relación al otro, en dirección radial (juego radial) ó en dirección axial (juego axial).

Es necesario distinguir entre el juego interno de un rodamiento antes del montaje, y el juego en funcionamiento, ó sea, el juego del rodamiento montado y sometido a las condiciones reales de trabajo. El juego radial de un rodamiento antes del montaje es en general superior al que tendrá en servicio. Esta disminución del juego interno del rodamiento se debe principalmente a la expansión del aro interior ó a la contracción del aro exterior cuando éstos se montan con un ajuste de apriete, y también a la diferente dilatación térmica del rodamiento y de los componentes asociados.

El juego radial es un factor de gran importancia para el comportamiento satisfactorio de un rodamiento. El juego de un rodamiento de bolas deberá ser casi nulo, como regla general, cuando el mismo está montado, incluso puede ser conveniente una ligera precarga. No obstante, para los rodamientos cilíndricos y de rodillos a r \acute{o}

tula, como es el caso de la calandra, deberá conservarse generalmente cierto juego radial, aunque pequeño, en condiciones normales de funcionamiento.

Los rodamientos de rodillos a rótula tienen dos hileras de rodillos que ruedan sobre un camino de rodadura esférico común en el aro exterior, cada uno de los caminos de rodadura del aro interior está inclinado formando un ángulo con el eje de rodamiento. Estos rodamientos son autoalineables y permiten flexión del eje ó pequeños desplazamientos angulares del eje con relación al alojamiento. Además de cargas radiales el rodamiento puede soportar también cargas axiales en ambos sentidos.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La industria papelera a lo largo de su historia ha tenido que a-
frontar grandes y diversos obstáculos ya sean técnicos, políticos
ó económicos, pero dada la gran demanda consecuencia lógica de -
nuestro acelerado desarrollo éstos se han acentuado considerablem
ente por lo que el presente trabajo lleva como objetivo princip-
al hacer conciencia en los que nos desarrollamos en éste medio,
para tomar en cuenta el inmenso ahorro que podemos lograr al util
izar los recursos que abundan en nuestro país y que inmisericord
emente los estamos desperdiciando, causando con ésto un grave -
daño en la industria y consecuentemente a la ya deteriorada cris-
is económica.

Si a ésto le aunamos la falta de atención y cuidado a nuestro g-
quipo de manufactura, cosa que es muy frecuente, los daños son -
aún mayores. Con ésta base me he permitido señalar algunas concl-
usiones y recomendaciones que espero sirvan de apoyo a la mencl
cionada industria.

1.- Se debe disminuir en un gran porcentaje la obtención de la
celulosa obtenida de la madera para evitar la tala inmoderada y
un desequilibrio ecológico catastrófico, sustituyéndolo por cel-
ulosa del bagazo de caña básicamente, así como de papel y cart
ón de desperdicio ya sea nacional ó importado, dependiendo la
calidad requerida (como quiera que sea, es adquirido como degu
perdicio por lo que su adquisición es muy baja), ya que sus -

Propiedades químico-mecánicas pueden ser nuevamente aprovechadas.

2.- Es muy importante mantener una producción continua en el proceso para evitar tiempos muertos que se reflejan en grandes cantidades económicas. El Kilo de materia prima para la elaboración de papel tipo Krafft cuesta aproximadamente \$ 100.00.

Por lo que hay que tener un cuidado especial en que cada uno de los procesos dentro de la manufactura sea llevado a cabo correctamente.

Así mismo el mantenimiento mecánico general del equipo debe ser llevado de una manera programada y rigurosa para evitar reventadas de la gufa de papel ó daños mecánicos considerables.

3.- El desarrollo de nuevas ideas con el fin de dar al sistema un aspecto polifacético y práctico, pero sobre todo económico es vital en cualquier industria, en mi caso pongo por ejemplo las sugerencias mencionadas en los Dibujos # 5-C (caja de pasta espesada) y 6 (distribución de tubería).

4.- Si se quiere entrar en un plano realmente competitivo es necesario cumplir con las normas y especificaciones fijadas por las instituciones autorizadas, como es la TAPPI (Technical Association Pulp and Paper International.)

Así mismo se deben emplear el equipo adecuado ya existente para realizar las pruebas correspondientes y no hacerlo arbitrariamente.

5.- Desafortunadamente muy poco personal le dá la importancia que merece un equipo como es la calandra, a pesar de lo vital que es dentro del proceso ya sea por desconocimiento ó por negligencia, a sabiendas de que es precisamente lo que da el acabado final y corrige el perfil y calibre del papel.

Los dos aspectos más importantes a cuidar para una buena eficiencia en la misma son precisamente el coronamiento de sus rodillos, y las presiones adecuadas, así como un buen balanceo de los rodillos.

Con uno de éstos dos factores que no se cumpla adecuadamente es casi seguro que provoque problemas considerables en la manufactura de papel, haciendo creer a los técnicos papeleros muy frecuentemente que las fallas provengan de otra parte del proceso.

6.- Debido a lo delicado y voluminoso de cada una de las partes de la calandra, es necesario supervisar, de preferencia personalmente, la manufactura y materiales de que son hechos los rodillos, ó contar con un proveedor de sobrada experiencia en su manufactura ya que todavía no se cuenta en México con una alta tecnología para la elaboración de dichos rodillos.

En cuanto al resto de refacciones si es conveniente diseñarlas ó readaptarlas a las nacionales para evitar grandes demoras para surtir las, aún cuando se disponga de un stock de ellas.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- INFORMACION OBTENIDA DE LA " ASOCIACION MEXICANA DE TECNICOS DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL A.C. " (A.T.C.P.).
- INFORMACION OBTENIDA DEL " ELOF HANSSON " DIVISION PULPA Y PAPEL (GÖTEBORG SUECIA)
- INFORMACION OBTENIDA DE " FARRELL "
- INFORMACION OBTENIDA DE " STOWE - WOODWARD & MOUNT HOPE DIVISIONS OF SW. INDUSTRIES, INC. U. S. A. "
- INFORMACION OBTENIDA DE "SHW" (SCHWÄBISCHE HÜTTENWERKE GMBH) ALEMANIA.
- INFORMACION OBTENIDA DE BLACK CLANSON PAPER-MACHINES CONVERTING MACHINERY NEW-YORK.
- INFORMACION OBTENIDA DE LAS NORMAS Y ESTANDARES DE LA TAPPI (TECHNICAL ASSOCIATION PULP AND PAPER INTERNATIONAL)
- MANUAL DE RODAMIENTOS SKF
- VISITA A PLANTA DE PAPEL PEONAFIDE
- VISITA A PLANTA DE PAPEL SAN CRISTOBAL.
- VISITA A PLANTA DE PAPEL E.M.S.P.
- INFORMACION OBTENIDA DE ER-WE-PA, S. A.
- SEMINARIO DE ANALISIS DE VIBRACIONES Y BALANCEO IMPARTIDO POR IRD MECHANALYSIS INC.
- INFORMACION OBTENIDA DE TERMOELECTRON, S. A.
- MANUAL DEL PAPELERO (CONVENCION ANUAL TAPPI)
- INFORMACION OBTENIDA DE LODDING COMPANY, S.A.
- INFORMACION OBTENIDA DE ALBANY NORDISCA INCORPORATION.