

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento Ingeniería Agrícola

Título del trabajo: CONSIDERACIONES TÉCNICAS, PARA DISEÑO DE
MÁQUINA DE CONFORMAR TEJAS METÁLICAS EN EL
TALLER T-13 DE PLACETAS.

Autores

Autores del trabajo: Javier A. Valencia Rivero.

Tutores del trabajo: Ing. Manuel Acevedo Darias.

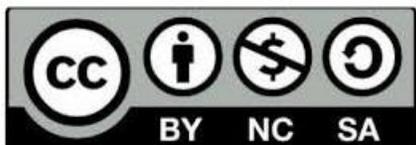
Dr. C Manuel Acevedo Pérez.

Santa Clara, Julio, 2018
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Resumen

En el trabajo se analizan las particularidades constructivas y de funcionamiento de la máquina conformadora de tejas metálicas instalada en el CAI José María Pérez tomada como referencia, y sobre la base del análisis de sus ventajas, desventajas, principio de trabajo y partes componentes, así como sobre la base del análisis realizado a otras máquinas similares existentes, se propone una serie de consideraciones técnicas para el posterior diseño de una máquina que con idénticos fines, debe ser construida y explotada en el taller T-13 de Placetas, previa capacitación al personal encargado de operar la misma en cuanto a riesgos.

Abstract

The work analyzes the constructive and operational characteristics of the metal tile forming machine installed in the CAI José María Pérez, taken as a reference, and based on the analysis of its advantages, disadvantages, work principle and component parts, as well as On the basis of the analysis performed on other similar machines, a series of technical considerations is proposed for the subsequent design of a machine that, with the same purposes, must be built and exploited in the T-13 workshop of Placetás, after training the personnel in charge to operate the same in terms of risks.

Tabla de Contenidos

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1. Generalidades sobre los ciclones tropicales y sus efectos sobre Cuba.....	5
1.2. Generalidades sobre el proceso de conformación de metales.....	10
1.2.1 Procesos de compresión directa.....	11
1.2.1 Proceso de compresión indirecta.....	12
1.2.1 Proceso de tracción.....	14
1.2.1 Proceso de flexión.....	14
1.2.1 Proceso de corte.....	17
1.2 Principales factores que intervienen en el proceso de conformado.....	18
1.2.1 La temperatura en el conformado.....	18
1.2.1.1 Conformado en caliente.....	19
1.2.1.2 Conformado en frío.....	20
1.2.2 La velocidad de deformación durante el conformado.....	20
1.2.3 La microestructura en el conformado.....	21
2.1. Metodología para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.....	22
2.2. Metodología para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas.....	23
2.3. Metodología para fundamentar las propuestas de consideraciones técnicas que permitan viabilizar el futuro diseño de las partes componentes fundamentales de la máquina a proyectar.....	23
2.3.1. Consideraciones técnicas para el cálculo del punzón (rodillos superiores), matriz (rodillos inferiores), y fuerza de conformado.....	23
2.3.2. Consideraciones técnicas para seleccionar la fuente energética de la máquina. (Motor eléctrico).....	27

2.3.3. Consideraciones técnicas para el cálculo de los ejes porta rodillos conformadores.....	28
2.4. Metodología para elaborar la guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.	28
3.1. Resultados del estudio para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.	30
3.2. Resultados del estudio para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas.....	34
3.3. Resultados del estudio para fundamentar las consideraciones técnicas al futuro diseño de la máquina.....	40
3.3.1. Resultados del estudio para calcular los parámetros de diseño del punzón (rodillos superiores), matriz (rodillos inferiores), y la fuerza de conformado.	42
3.3.2. Resultados del estudio para seleccionar la fuente energética de la máquina. (Motor eléctrico).....	45
3.3.3. Resultados de los cálculos para los ejes porta rodillos conformadores	46
3.4. Resultados del estudio para elaborar la guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.	48
3.4.1. Seguridad en el empleo de las máquinas.	58
3.4.2. Seguridad de los operarios.	59
3.4.4. Seguridad en manipulación manual de cargas.....	60
3.4.5. Seguridad en manipulación de cargas por medios mecánicos.....	60
3.4.6. Seguridad frente a riesgos eléctricos.....	61
3.4.7. Seguridad frente a condiciones ambientales físicas.....	62
3.4.8. Seguridad frente a diferentes contaminantes.	62
Conclusiones.....	¡Error! Marcador no definido.
Recomendaciones.....	¡Error! Marcador no definido.
Referencias Bibliográficas.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	

Introducción

INTRODUCCIÓN

Por su posición geográfica, Cuba es un país severamente afectado por el paso de los ciclones tropicales, habiéndose determinado estadísticamente que al menos cada dos años uno pasa por su territorio o cercano al mismo ocasionando daños.

La mayoría de estos huracanes son de poca intensidad, ubicándose los de categoría 1 en el 53% de los casos, mientras que el 28% de ellos son categoría 2 o de moderada intensidad, sin embargo, el 23% de los mismos son de gran intensidad y se ubican entre las categorías 3, 4 ó 5, siendo los responsables de los mayores desastres y daños a la economía que sufre sistemáticamente el país (Rubiera, 2016).

La época del año en que con mayor frecuencia se forman los ciclones tropicales en nuestra área geográfica es la llamada Temporada Ciclónica o de Huracanes, la cual comienza el 1ro de Junio y se extiende hasta el 30 de Noviembre Rubiera, (2018).

A comienzos de la misma, los ciclones que se forman en la zona del Este del Atlántico y las Antillas Menores representan sólo un relativo peligro para el país, pero al final de la temporada, sobre todo en el mes de octubre, los ciclones que se forman y se desarrollan en el Mar Caribe Occidental son los más peligrosos para Cuba, siendo los responsables directos de que ocurran pérdidas humanas y cuantiosos daños a la economía nacional.

Por ésta razón, desde los primeros años del triunfo revolucionario, en Cuba se implementó un sistema de alerta contra huracanes que con el tiempo se ha convertido en un desarrollado Sistema de Pronósticos y Avisos de cualquier fenómeno meteorológico peligroso, así como un Sistema de Defensa de Civil capaz de proteger eficientemente la vida de nuestros ciudadanos y visitantes.

En caso de ciclón tropical, el Centro de Pronósticos del Instituto de Meteorología emite avisos de ciclón tropical desde que el ciclón nace y se desarrolla hasta que se disipa.

Estos avisos se hacen más frecuentes a medida que el ciclón se acerca, e incluye presentaciones de los meteorólogos en la televisión y la radio nacional y local, lo que contribuye a alertar a todos de cualquier peligro con suficiente antelación para la toma de medidas de protección Anónimo, (2018).

No obstante, la experiencia demuestra que en efecto, con la aplicación de éste sistema de alerta temprana se pueden minimizar y hasta eliminar las pérdidas de vidas humanas que el paso de estos fenómenos dejan a su paso por la isla, sin embargo, no se pueden eliminar las pérdidas económicas y materiales que los mismos causan, siendo el sector habitacional, empresarial y agrícola los más afectados sobre todo en lo que a cubiertas se refiere.

Teniendo en cuenta ésta realidad y el hecho de que cada vez estos fenómenos son más frecuentes y devastadores, la máxima dirección del país ha convertido en prioridad estatal el tema de la “Batalla Económica”, quedando refrendado el mismo cuando en la clausura del IX congreso de la Unión de Jóvenes Comunistas, celebrada el 4 de abril de 2010 en la Habana, el general de ejército Raúl Castro Ruz expresó: “La batalla económica constituye hoy, más que nunca, la tarea principal y el centro del trabajo ideológico de los cuadros, porque de ella depende la sostenibilidad y preservación de nuestro sistema social” (Castro, 2010).

En los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, específicamente en el capítulo VIII Política Industrial y Energética, acápite Política Industrial, sub acápite: Lineamientos para las Principales Ramas, se plantea en el artículo 233: Recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país (turismo, viviendas, industriales, entre otros), la expansión de las exportaciones y la venta a la población sustituyendo importaciones, tal y como se plantea en el capítulo III, Política Económica Externa. Comercio Exterior del propio documento, donde se dice en su artículo 87: Propiciar un acelerado proceso efectivo de sustitución de importaciones, con mecanismos que estimulen y garanticen la máxima utilización posible de todas las capacidades de que dispone el país en el sector agrícola, industrial, en servicios y en recursos humanos.

Sobre esa base, en el propio documento, pero en el capítulo XI referido a la Política para las Construcciones, Viviendas y Recursos Hidráulicos, en el artículo 292 se plantea, que las labores de mantenimiento y conservación del fondo habitacional, estatal y agrícola deberán recibir atención prioritaria, incluyendo la adopción de formas no estatales de gestión para dar solución a los problemas habitacionales de la población, así como el incremento de la comercialización de materiales de construcción, y en el artículo 293, que se deberá prestar especial atención al aseguramiento de los programas de viviendas a nivel municipal, a partir de las materias primas existentes en cada lugar y las tecnologías disponibles para fabricar los materiales necesarios (Anonimo., 2011).

Es en éste contexto en que al Taller T-13 del municipio de Placetas, el gobierno le asigna la tarea de producir tejas metálicas para suplir las necesidades de cubiertas del fondo habitacional y empresarial del territorio, recomendando para ello aplicar la ingeniería inversa a una máquina conformadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.

Sin embargo, sobre ésta y sus similares se desconocen sus particularidades técnicas y constructivas, y se hace la solicitud sin tener en cuenta además, que en el taller T-13 no existen ni la experiencia ni los conocimientos técnicos necesarios para acometer la tarea, pues hasta la fecha no ha constituido nunca objeto social del mismo.

Por ésta razón, el objeto de **estudio del trabajo** son las máquinas acalanadoras de tejas metálicas, y el **problema científico** consiste en definir, ¿Cuál es la probabilidad de que en el taller T-13 de Placetas se puedan construir tejas metálicas para cubiertas, si para ello se elaboran las recomendaciones técnicas necesarias a un futuro proyecto de diseño, y se indican las pautas correspondientes para capacitar al personal responsabilizado con la operación de la misma?

Se emplea para ello la siguiente **hipótesis de trabajo**: Si se estudian las particularidades constructivas y de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas del CAI José María Pérez, así como las de otras máquinas similares existentes, se podrá proponer un grupo de recomendaciones técnicas al posterior

diseño de la misma, ajustándola a las condiciones de producción existentes en el taller T-13.

El **objetivo** es analizar las particularidades constructivas y de funcionamiento de la máquina conformadora de tejas metálicas instalada en el CAI José María Pérez, y sobre la base del análisis de sus ventajas, desventajas, principio de trabajo y esquema cinemático, así como sobre la base del análisis de las ventajas y desventajas de otras máquinas similares existentes, proponer una serie de consideraciones técnicas que faciliten el posterior diseño, construcción y explotación de la misma en el taller T-13, previa capacitación al personal encargado de operar la misma en cuanto a riesgos.

Para dar cumplimiento al objetivo propuesto, se declaran los siguientes **objetivos específicos**:

1. Investigar la estructura, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.
2. Investigar la estructura, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas.
3. Proponer las consideraciones técnicas que se consideren necesarias, para facilitar el futuro diseño de la máquina conformadora.
4. Elaborar una guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.

Revisión Bibliográfica

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Generalidades sobre los ciclones tropicales y sus efectos sobre Cuba.

Un ciclón tropical, es un término genérico que se emplea para designar a los sistemas de baja presión que se forman en los océanos, en un ambiente homogéneo y generalmente en la zona tropical, acompañado de una extensa área de nublados, lluvias, chubascos y tormentas eléctricas, que tiene asociada además una circulación superficial de los vientos en sentido contrario al de las manecillas del reloj en el hemisferio norte, siendo en el mismo sentido que éste en el hemisferio sur (Anónimo, 2018).

Para medir la intensidad de los mismos existe la escala Saffir-Simpson, Figura 1.1, según la cual, los ciclones se clasifican en categorías de acuerdo a la velocidad de los vientos que les acompañan, por ser estos los que mayores daños ocasionan.



Fuente Internet. Disponible en: http://de.wikipedia.org/ciclones_tropicales.htm

Figura 1.1. Escala Saffir-Simpson para clasificar la intensidad de los huracanes.

De la figura se infiere, que los huracanes se clasifican en categorías del 1 al 5 en dependencia de la velocidad de sus vientos, siendo los de la categoría uno los menos peligrosos, pues en ellos la velocidad de los vientos oscila entre 119 y 153 km/h, causando posibles daños solo a carteles, vegetación y construcciones generalmente en mal estado. Sin embargo, en la medida en que el huracán va subiendo de categoría en la escala de referencia, la velocidad de sus vientos y los daños que ocasionan son más importantes, y así ocurre hasta llegar a los de categoría 5, en los que la velocidad de los vientos alcanza valores de más de 252 km/h, ocasionando importantes daños a edificios y vegetación generalmente acompañados además de severas penetraciones del mar, por lo que se hace necesario evacuar a las personas y animales a una distancia no menor de 6 km tierra adentro como medida preventiva (Anónimo, 2006).

Para que se forme y desarrolle un ciclón hasta convertirse en huracán, deben existir al menos tres condiciones que son completamente necesarias:

1. Una perturbación preexistente: área extensa de nubosidad con lluvias, chubascos y tormentas eléctricas.
2. Temperatura cálida de las aguas del océano: 26,6 °C o superior, hasta una profundidad de al menos 45 m.
3. Vientos en la atmósfera superior: que sean débiles y no cambien mucho de dirección y velocidad a través de la altura de la atmósfera (bajo cizallamiento).

Mediante el contacto con las aguas cálidas del océano, la perturbación preexistente recibe el calor y la energía necesarios, comenzando a formarse una zona donde la presión atmosférica es algo inferior a la de los alrededores.

Cerca de la superficie del océano, los vientos empiezan a girar como un torbellino con centro en la zona de baja presión de la perturbación.

Durante estas primeras etapas, el sistema meteorológico se compone de un agrupamiento relativamente poco organizado de chubascos y tormentas eléctricas, sin embargo, las aguas cálidas del océano agregan más humedad y calor al aire que sube, por tanto, a medida que la humedad se condensa formando chubascos y lluvias, se genera más calor que suministra energía adicional al sistema.

La configuración de la atmósfera superior debe garantizar que el aire que penetra por los niveles superficiales salga al exterior del sistema por los niveles superiores. De éste modo, si los vientos en altura son débiles y varían poco en dirección, la energía puede seguir concentrándose y el sistema puede fortalecerse hasta transformarse en una depresión tropical. Llegado a este punto, el sistema comienza a adquirir el familiar aspecto en espiral, debido al flujo de los vientos y a la rotación terrestre.

Si las condiciones oceánicas y de la atmósfera superior continúan siendo favorables, el ciclón sigue fortaleciéndose hasta convertirse en una tormenta tropical, las bandas de chubascos y tormentas eléctricas añaden más calor y humedad, y el ciclón pasa relativamente en poco tiempo al estadio de huracán (Rubiera, 2005).

Es en este momento cuando suele formarse el llamado ojo del huracán, debido a que el aire baja rápidamente por el centro secando y calentando esa zona, en la cual no hay nubes y el viento está en calma.

El ciclo de vida de un huracán puede durar más de dos semanas sobre las aguas del océano, y en ese período puede recorrer una larga trayectoria que lamentablemente muchas veces toca tierra ocasionando daños que a veces son de consideración.

Los principales fenómenos peligrosos que acompañan a un ciclón tropical son: la surgencia, los vientos fuertes, las precipitaciones intensas, el oleaje y los tornados. En ese orden, la surgencia es el fenómeno natural más dañino provocado por un ciclón tropical, tanto para la vida humana como para los bienes materiales de la sociedad.

De manera sencilla, se define como una impresionante y repentina ola que llega junto con el organismo a tierra, constituida por una onda de longitud larga que como promedio puede afectar de 150 a 200 km de costas, y es provocada por la tensión de los vientos fuertes y la caída de la presión atmosférica al encontrarse éste organismo tropical sobre una región de plataforma insular o continental de poca profundidad, pudiendo alcanzar alturas superiores a los 6 m.

Los vientos de una Depresión Tropical son usualmente débiles y sólo son capaces de ocasionar daños en estructuras débiles o en cultivos de poca raíz y amplio follaje como el plátano. En una tormenta tropical sin embargo, son lo suficientemente fuertes como para representar ya una cierta amenaza.

De éste modo, los vientos de intensidad de huracán pueden fácilmente destruir una casa o un edificio cuya estructura sea de mala calidad.

Las rachas son intensidades grandes del viento con sólo 2 - 3 segundos de duración, que superan al viento máximo sostenido de 1.2 - 1.5 veces su valor. Son las que más daños ocasionan.

Los vientos de intensidad de huracán también pueden dañar los edificios altos, ya que la fuerza del viento suele aumentar con la altura hasta en una categoría de la escala Saffir-Simpson.

El ciclón tropical es un sistema productor de lluvia. Cuando un ciclón tropical toca tierra, es común que deje entre 100 y 300 mm o más de lluvia en una amplia zona. Sin embargo, la lluvia no depende de la intensidad del ciclón tropical.

Un desplazamiento lento o errático sobre una misma área, una zona de topografía accidentada y la interacción con otros sistemas meteorológicos, ocasiona lluvias torrenciales que a su vez producen grandes y devastadoras inundaciones.

El grado de peligro que representan las inundaciones depende además del nivel de saturación del suelo, por lo que si después de varios días con lluvias ocurre la afectación de un ciclón tropical, las inundaciones son mucho más extensas y mortíferas. Los deslizamientos de tierra en zonas montañosas es otro factor muy peligroso que se produce a consecuencia de las lluvias intensas.

Algunos de los ciclones tropicales más importantes registrados en Cuba después de 1959 y sus consecuencias, se detallan a continuación a modo de ejemplo (Anonimo, 2000).

- 17 de noviembre de 1972. El huracán Laura con categoría tres y rachas de 126 km/h, dejó a su paso 200 mm agua y hubo que evacuar a más de tres mil personas en la Isla de la Juventud.
- 4 de noviembre de 2001. El huracán Michelle, categoría cuatro, vientos de hasta 160 km/h y un acumulado de 161,4 mm de agua, dejó incontables daños en

la vivienda, las telecomunicaciones, la agricultura, la pesca y particularmente el turismo en Cayo Largo del Sur.

- Huracán Dennis (julio 2005), llega con fuertes vientos a la costa sur de Cuba, y pasa a la altura de Cabo Cruz, Provincia Granma categoría 4, (vientos de hasta 238 km/h). Sigue a todo lo largo de la costa sur, y a las 2 de la tarde entra a tierra por el oeste de la ciudad de Cienfuegos con vientos sostenidos sobre las 140 mph, (225 km/h). Este poderoso huracán continúa su recorrido por tierra firme y sale en la noche al este de la Habana por el área de Brisas del Mar categoría 2, con vientos de más de 170 km/h. Dennis estuvo azotando a Cuba unas 10 horas.

El saldo que dejó este destructivo huracán según datos gubernamentales fue de 16 personas muertas, decenas de miles de casas destruidas, un gran número de fábricas dañadas, y cuantiosas pérdidas en la agricultura. El total de daños materiales causado sobrepasó los mil millones de dólares.

- Huracán Gustav en el 2008. El poderoso huracán categoría 4 Gustav, aun encontrándose relativamente lejos de la costa sur de Cuba, a partir del día 29 de agosto comenzó a azotar a la isla con ráfagas de vientos y lluvias asociadas en los municipios sureños de las provincias Camaguey, las Villas antigua y Matanzas.

Pasado el medio día del 30 de agosto, cayó con toda su fuerza de categoría 4-5 sobre Isla de Pinos (Isla de la Juventud), destruyendo lo que encontraba a su paso. Isla de Pinos quedó prácticamente desolada.

Continuando su demoledor camino, Gustav entró su ojo en Pinar del Río por el municipio Los Palacios, pero debido a su amplio ojo de unos 60 Km, cubrió también al municipio San Cristóbal. En este punto de Los Palacios, las ráfagas de Gustav generaban vientos hasta de 350 Km/h.

Transcurrido unos minutos después de las nueve de la noche, salió al mar por la costa norte de Pinar de Río, y aunque alejándose del litoral pinero, los vientos y lluvias por la magnitud de Gustav continuaron afectando hasta el 31 de agosto gran parte de la provincia de Pinar del Río y zonas de la provincia de la Habana.

La secuela que dejó Gustav en su recorrido debido a sus vientos, intensas lluvias e inundaciones, fue de miles de viviendas derrumbadas y otras decena de miles seriamente o parcialmente dañadas; cientos de casas de tabaco y plantaciones de

ese cultivo destruidas; así como diversos cultivos agrícolas totalmente perdidos incluyendo a cientos de cabezas de ganado y otros animales ahogados. Gustav ha sido uno de los huracanes más destructivos que han pasado por Isla de Pinos y Pinar del Río.

En agosto de 2008, el huracán Ike fue el segundo huracán más desastroso de ese mismo año, y ocasionó al menos un centenar de muertos fundamentalmente en Haití.

Desde el 7 de septiembre, el poderoso huracán Ike comenzó a azotar la costa oriental de Cuba, Al entrar a tierra por la provincia de Holguín, sus vientos y lluvias provocaron el derrumbe de miles de casas y el desborde de ríos. Después tomó rumbo a Camagüey por toda la costa sur, entró a Pinar del Río por San Cristóbal, zona fuertemente dañada días antes por el huracán Gustav, y salió el martes en la tarde por la costa norte de esta provincia, a pesar de esto, los derrumbes de edificaciones continuaron produciéndose por varios días más.

La combinación de los huracanes Ike y Gustav dejó más de 500 mil viviendas y otras estructuras con derrumbe parcial y total.

Estos ejemplos ilustran fehacientemente que aunque en Cuba exista todo un sistema destinado a la reducción del riesgo de desastre, nacido gracias a la estrategia trazada por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz después de los azotes del huracán Flora, se logran salvar y proteger las vidas de los animales y personas amenazados por el paso de estos fenómenos naturales, sin embargo, siguen siendo vulnerables las viviendas e instalaciones estatales sobre todo en cuanto a cubiertas se refiere, haciéndose sistemática la necesidad de reponer las mismas casi siempre importándolas.

1.2. Generalidades sobre el proceso de conformación de metales.

El conformado mecánico es un proceso de deformación que sirve para obtener piezas o estructuras en estado sólido, en el que de manera especial se aprovechan las propiedades mecánicas y tecnológicas de los metales como son: la maleabilidad y la ductilidad (Vila *et al.*, 2014).

En general, según (Salazar, 2016), el conformado mecánico se puede clasificar atendiendo a:

- La temperatura de conformado;
- la forma final de la pieza;
- el estado de los esfuerzos durante el conformado:
- el tipo de esfuerzo durante el conformado;
- el tamaño de la zona deformada;
- la velocidad de deformación;
- por la operación de conformado: primario y secundario.

De manera particular, y de acuerdo al estado de las tensiones o fuerzas aplicadas a las piezas durante el conformado se clasifican en:

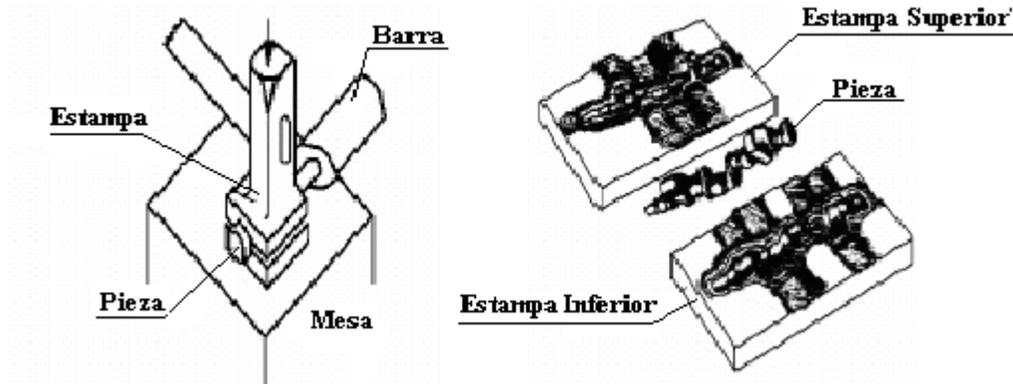
- Proceso de compresión directa: forjado, laminado;
- proceso de compresión indirecta: trefilado, extrusión;
- proceso de tracción: estirado;
- proceso de flexión: doblado (plegado, rolado, perfilado, embutido, repujado);
- proceso de corte: cizallado y punzonado;
- proceso de torsión: para la conformación de resortes helicoidales.

1.2.1 Procesos de compresión directa.

De acuerdo con (Pernot *et al.*, 2007), en estos, las fuerzas aplicadas y las tensiones resultantes son de compresión. El metal fluye en dirección normal a la tensión de compresión aplicada y en ellos se incluyen al: forjado y laminado.

- **Forjado.**

Es un proceso de conformado mecánico de compresión directa, con ayuda del cual se puede dar formas útiles a los metales utilizando martinets, prensas y máquinas forjadoras o estampadoras. En éste, la fuerza principal es de compresión. Figura 1.2.

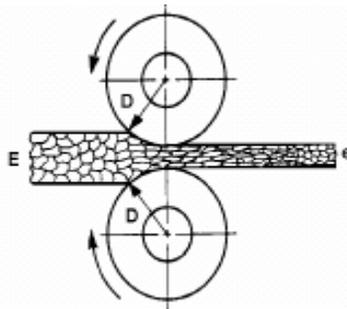


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.2. Proceso de forjado.

- **Laminado.**

Es un proceso de conformado mecánico, que consiste en deformar plásticamente los metales al hacerlos pasar entre cilindros giratorios de iguales diámetros, siendo la abertura entre cilindros algo menores que el espesor de la pieza que se trabaja. Figura 1.3.



Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

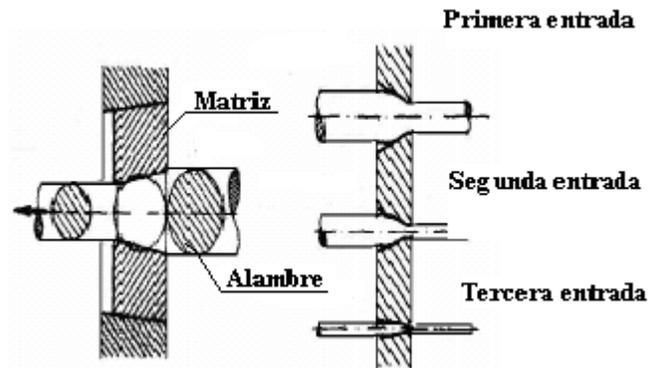
Figura 1.3. Proceso de laminado.

1.2.1 Proceso de compresión indirecta.

- **Trefilado.**

Es un proceso de conformado mecánico, que consiste en hacer pasar un alambre grueso por una placa de acero llamada hilera o matriz, provista de un agujero ligeramente cónico.

Ese agujero va disminuyendo progresivamente su diámetro hasta llegar a la medida que se desea obtener. Figura 1.4.

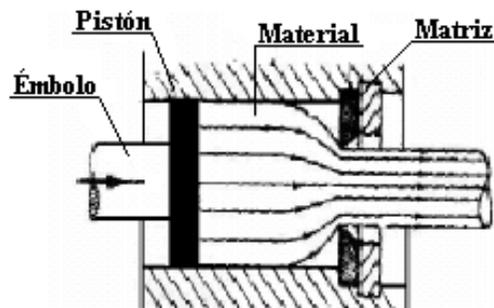


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.4. Proceso de trefilado.

- **Extrusión.**

Es un proceso de conformado mecánico de compresión indirecta en el cual, una masa de material dúctil fluye a través de un orificio de una matriz de forma determinada, por medio de un fuerte impacto o de una fuerte compresión para formar una pieza de sección constante, hueca o no, y cuya longitud dependerá básicamente de la aportación de material. Figura 1.5.



Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

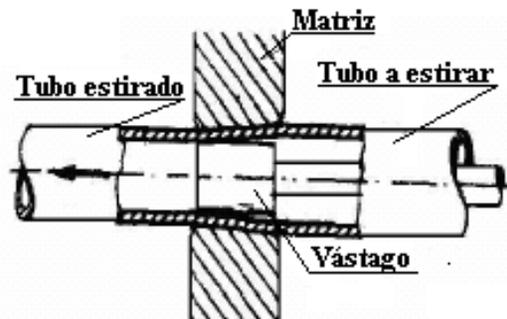
Figura 1.5. Proceso de Extrusión.

1.2.1 Proceso de tracción.

- **Estirado.**

En éste proceso, las tensiones que predominan son de tracción. El método se utiliza en la producción de chapas y conformado de piezas de secciones varias.

Es decir, que es un proceso donde el metal es estirado por medio de herramientas adecuadas de contención. Figura 1.6.



Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.6. Proceso de Estirado.

1.2.1 Proceso de flexión.

- **Doblado.**

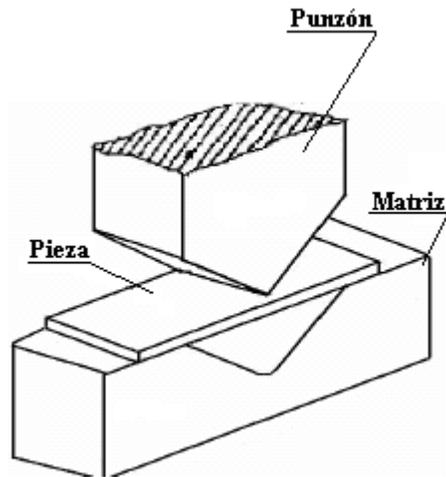
Es un proceso de conformado mecánico por flexión, en el que el metal es obligado a tomar nuevas formas por movimiento o flujo plástico sin alterar su espesor, es decir, de forma tal que todas las secciones permanezcan constantes.

El doblado abarca proceso como son: plegado, rolado, perfilado, embutido y repujado.

Para lograr el doblado se pueden utilizar las herramientas matriz-punzón, o rodillos.

- **Plegado.**

Es un proceso de conformación mecánica por flexión, mediante la cual se deforma una parte de la chapa según una forma prevista. Figura 1.7.

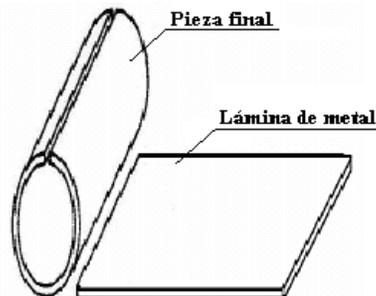


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.7. Proceso de Plegado.

➤ **Rolado.**

Es un proceso de conformación mecánica por flexión, mediante el cual se deforma una lámina metálica y se le da forma de superficie en revolución. Figura 1.8.

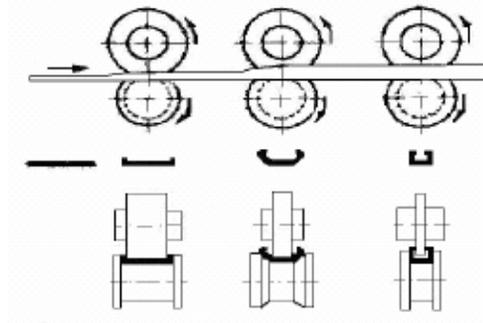


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.8. Proceso de Rolado.

➤ **Perfilado.**

Es un proceso de conformación mecánica por flexión, que consiste en fabricar perfiles de longitud considerable por medio de curvado o doblado de tiras de láminas metálicas. Figura 1.9.

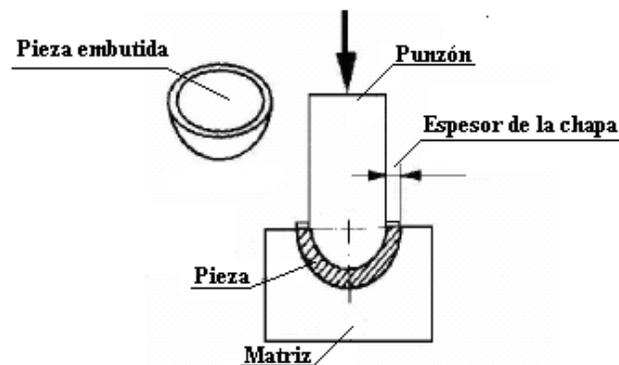


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.9. Proceso de Perfilado.

➤ **Embutido.**

Es un proceso de conformación mecánica por flexión, que consiste en darle una forma ahuecada a la lámina por deformación de la misma, manteniendo el espesor. Figura 1.10.

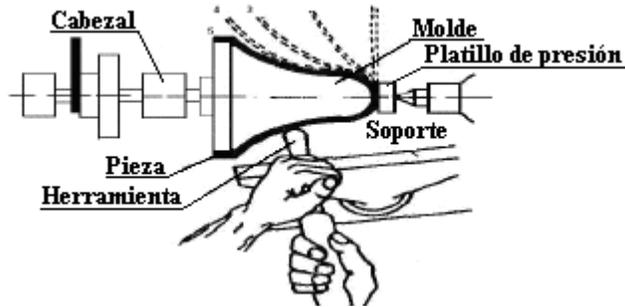


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.10. Proceso de Embutido.

➤ **Repujado.**

Es un proceso de conformación mecánica por flexión, conocido también como embutido a torno, y consiste en obtener de un disco plano de chapa o una pieza previamente embutida, un recipiente o una figura en revolución de forma cóncava. Figura 1.11.



Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

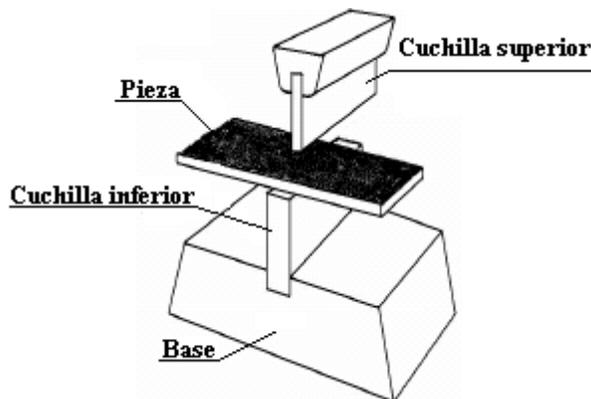
Figura 1.11. Proceso de Repujado.

1.2.1 Proceso de corte.

Es un proceso de conformado plástico sin arranque de viruta, que sirve para la preparación y acabado en la fabricación de piezas metálicas. Durante la operación, un pequeño volumen de metal es deformado plásticamente hasta que se produce la fractura del mismo.

- **Cizallado.**

Es un proceso de conformado mecánico por corte, el cual implica someter el material a tensiones cortantes por encima de su resistencia, hasta obtener la superficie del metal. Figura 1.12.

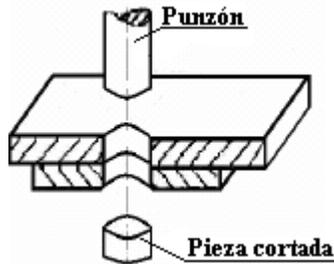


Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.12. Proceso de Cizallado.

-
-
-
- **Punzonado.**

.Es un proceso de conformado mecánico, que consiste en practicar sobre una chapa metálica, un agujero de forma determinada, mediante una estampa apropiada. Figura 1.13.



Fuente: Medios auxiliares de la asignatura Tecnología de los Materiales. UCLV

Figura 1.13 Proceso de Punzonado.

1.2 Principales factores que intervienen en el proceso de conformado.

Los principales factores que intervienen en el proceso de conformado mecánico son:

- La temperatura;
- velocidad de conformado;
- micro estructura.

Aunque para el proceso de doblado debe considerarse además la fricción y la recuperación elástica según (Nave, 2010)

1.2.1 La temperatura en el conformado.

Los dos tipos principales de trabajo mecánico en los cuales el material puede sufrir una deformación plástica y cambiar de forma son: los trabajos en caliente, y los trabajos en frío.

La temperatura de recristalización de un metal, determina si el trabajo es en frío o en caliente. Así por ejemplo, los trabajos en caliente se realizan a temperaturas superiores a la de recristalización, mientras que los trabajos en frío se realizan a temperaturas inferiores a ésta y generalmente se realizan a temperatura ambiente. Para el acero por ejemplo, la temperatura de recristalización oscila entre los 500 y 700 °C, aunque la mayoría de los trabajos sobre acero en caliente se desarrollan a temperaturas muy por encima de ese rango. No existe tendencia al

endurecimiento por trabajos mecánicos hasta que el límite inferior del rango de recristalización se alcanza.

Algunos metales, como por ejemplo el plomo y el estaño, poseen bajas temperaturas de recristalización y pueden trabajarse en caliente a temperatura ambiente, pero la mayoría de los materiales comerciales requieren de algún calentamiento (Don, 2010).

1.2.1.1 Conformado en caliente.

Cuando se trabaja el metal en caliente, las fuerzas requeridas para deformarlo son menores y las propiedades mecánicas del mismo cambian moderadamente, pues en éste caso el metal se encuentra en estado plástico y es forjado rápidamente por presión (Askeland, 2000).

Adicionalmente, los trabajos realizados en caliente poseen las siguientes ventajas:

- Prácticamente se elimina la porosidad en el metal;
- la mayoría de los lingotes fundidos, poseen pocas sopladuras;
- son eliminadas las impurezas en forma de inclusiones y las restantes se redistribuyen por todo el metal;
- la ductilidad y la resistencia al impacto se incrementan, su resistencia mecánica disminuye y el metal adquiere una excelente homogeneidad.

La cantidad de energía que demanda moldear el acero en estado plástico, es mucho menor que la que se demanda cuando se encuentra frío.

Sin embargo, todos los procesos de conformado en caliente poseen desventajas, por ejemplo, debido a la alta temperatura del metal, existe una rápida oxidación o escamado superficial, con acompañamiento de un pobre acabado superficial. Como resultado del escamado, no pueden mantenerse tolerancias precisas, además, el equipamiento para trabajos en caliente y los costos por concepto de mantenimiento del mismo son elevados.

No obstante, todos los investigadores del tema coinciden en asegurar que el proceso es económicamente rentable, si se compara con el costo en que se incurre cuando se trabaja el metal en frío.

1.2.1.2 Conformado en frío.

Para trabajar el metal en frío se requieren grandes fuerzas porque además, el esfuerzo para conformar se incrementa constantemente. Se dice que un metal es conformado en frío, cuando la temperatura de deformación no llega a producir cambios en su micro estructura (Anderson, 1998).

Las ventajas de éste método consisten en lo siguiente:

- Proporcionan mejor precisión y permiten tolerancias más estrechas;
- con ellos se alcanzan buenos acabados superficiales.

Sin embargo, entre sus desventajas se pueden citar: el incremento de la resistencia a la conformación y el incremento de la dureza en la parte deformada, se requiere de mayores esfuerzos para conformar el material comparado con la deformación en caliente, se debe tener cuidado de que las superficies de las piezas a conformar estén libres de suciedades e incrustaciones, la ductilidad y el endurecimiento, limitan la cantidad de deformación que se puede aplicar a una pieza.

En la industria se combinan los dos procesos, aprovechando las ventajas de cada uno, en caliente se alcanza una mayor deformación, pero en frío se obtienen mejores acabados y tolerancias más estrechas.

1.2.2 La velocidad de deformación durante el conformado.

La velocidad de conformación ejerce poca influencia sobre el producto final, a menos que se utilicen velocidades considerablemente elevadas, en estos casos pueden aparecer deformaciones no uniformes.

No obstante, el comportamiento de los metales en el proceso de conformado puede depender de la velocidad de deformación, por ejemplo, la mayoría de los metales de estructura cúbica cambian su comportamiento de dúctiles a frágiles dentro de un determinado rango de temperatura, y si la velocidad de deformación es considerablemente alta, el fenómeno de la temperatura de transición resulta más significativo.

Si la velocidad de deformación es muy alta, pueden aparecer regiones de deformación no uniformes o marcas de deformación que podrían ser eliminadas si se baja la velocidad de conformado.

Durante los trabajos en caliente, el límite elástico de los metales es considerablemente afectado por la velocidad de deformación.

1.2.3 La microestructura en el conformado.

La fuerza necesaria para realizar una operación de doblado por ejemplo, se encuentra relacionada directamente con el límite de fluencia del material que se trabaja, y éste depende de la estructura metalúrgica y de la composición de la aleación.

El límite elástico de los metales depende de la micro estructura y de la composición química de los mismos, ya sea como metales puros o como aleaciones.

Al realizar cualquier proceso de conformado mecánico, los esfuerzos para la deformación plástica dependen del límite elástico y por tanto, de la estructura metalográfica, por otra parte, el conformado mecánico de los metales puros, resulta más fácil mientras más alto sea el punto de fusión.

En cuanto a éste, si las partículas dispersas poseen un punto de fusión más bajo que la matriz, aparecerá el riesgo de fragilidad en caliente con mayor frecuencia.

El límite elástico se verá también modificado por el tamaño de las partículas distribuidas, de ésta manera, existirá un incremento en el límite elástico, si las partículas de una segunda fase son más pequeñas, tal es el caso de la perlita en el acero (Ferreira, 2011).

CAPÍTULO II

Materiales y Métodos

La investigación prevé el estudio de las características constructivas, principio de funcionamiento, ventajas y desventajas de la máquina para conformar tejas metálicas instalada en el CAI José María Pérez, así como el estudio de esos parámetros en máquinas utilizadas con idénticos fines a escala global, para finalmente proponer un grupo de recomendaciones técnicas que permitan el diseño de una que por sus características, sea factible de construcción y operación en las condiciones de producción del taller T-13 del municipio Placetas. La parte experimental de la investigación se realizó en el período 2017-2018, fundamentalmente en las condiciones de producción del taller del CAI José María Pérez, lugar donde se encuentra instalada la máquina recomendada como referencia.

2.1. Metodología para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.

El propósito de la investigación es conocer la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez, teniendo en cuenta que es la que se recomienda como referente para construir una similar en el taller T-13.

En esencia, el trabajo consiste en hacer un estudio detallado de la máquina en condiciones estáticas y de trabajo, centrando la atención en su estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento, para arribar a conclusiones sobre si es éste el prototipo adecuado o no para implementarlo en las condiciones de producción del taller T-13 a través de la ingeniería inversa.

2.2. Metodología para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas.

Como en el caso anterior, el propósito de la investigación es conocer la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas existentes, con el objetivo de ganar criterios para fundamentar las recomendaciones técnicas que se consideren necesarias con vistas a viabilizar un posterior diseño de una máquina similar, que será construida y explotada en las condiciones de producción del taller T-13 de Placetas.

En esencia, el trabajo consiste en hacer una profunda revisión bibliográfica y por Internet de máquinas similares destinadas a idénticos fines, centrando la atención en sus estructuras, esquemas cinemáticos, procesos tecnológicos de trabajo y principio de funcionamiento, para finalmente fundamentar las consideraciones técnicas que se consideren necesarias para un posterior diseño de una máquina similar que se adapte a las condiciones de producción del taller-T13.

2.3. Metodología para fundamentar las propuestas de consideraciones técnicas que permitan viabilizar el futuro diseño de las partes componentes fundamentales de la máquina a proyectar.

El propósito de la investigación, es proponer un grupo de consideraciones técnicas avaladas por cálculos matemáticos, que faciliten el posterior diseño de las partes componentes fundamentales de la máquina conformadora de tejas metálicas en el taller T-13 de Placetas, teniendo en cuenta que en el mismo no existen experiencias al respecto.

La metodología en cuestión consta de las siguientes etapas:

2.3.1. Consideraciones técnicas para el cálculo del punzón (rodillos superiores), matriz (rodillos inferiores), y fuerza de conformado.

Considerando que la obtención de la teja metálica como producto final responde a un proceso de conformado metálico, en ésta parte de la investigación se determinan los parámetros de diseño de la matriz, (rodillos inferiores de la máquina), y punzón, (rodillos superiores de la máquina), así como el valor de la

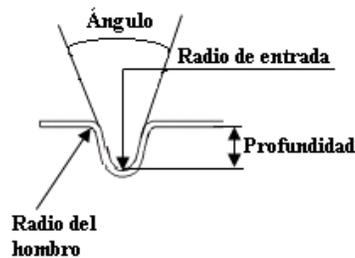
fuerza de conformado en dependencia del material a deformar, su espesor, y perfil de la teja que se desea construir.

En la Figura 2.1 se representa de manera general el perfil de la teja metálica a obtener en una primera instancia debido a su sencillez, y en la figura 2.2 un detalle del perfil de la misma, donde se señalan las características dimensionales principales de ésta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1. Perfil de la teja metálica



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.2. Detalle del perfil de la teja.

De la figura se deduce que la teja posee en cada una de sus canales dos radios y un ángulo. El radio del hombro estará determinado por la matriz, (rodillos inferiores de la máquina), mientras que el radio de entrada estará determinado por el punzón, (rodillos superiores de la misma).

Para lograr las dimensiones requeridas de cada radio y el ángulo del perfil, las dimensiones de la matriz y el punzón considerando la recuperación del material se calculan del siguiente modo:

Los radios que deben poseer la matriz y el punzón se calculan por la ecuación (1) como:

$$R_1 = k \left(R_2 + \frac{E}{2} \right) - \frac{E}{2} \quad (1)$$

Donde:

E- Espesor del material; mm

R₁- Radio de la matriz; mm

R₂- Radio del punzón; mm

k- Constante de recuperación del material.

El ángulo del perfil se determina por la ecuación (2) como:

$$A_1 = \frac{A_2}{k} \quad (2)$$

Donde:

A₂- Ángulo que se desea en el perfil; grados

A₁- Ángulo del punzón y la matriz; grados

k- Constante de recuperación del material a conformar.

Para encontrar la constante (k), primeramente se debe hallar el factor (x), que representa la relación entre el radio del perfil y el espesor del material.

El factor (x) se calcula mediante la ecuación (3) como:

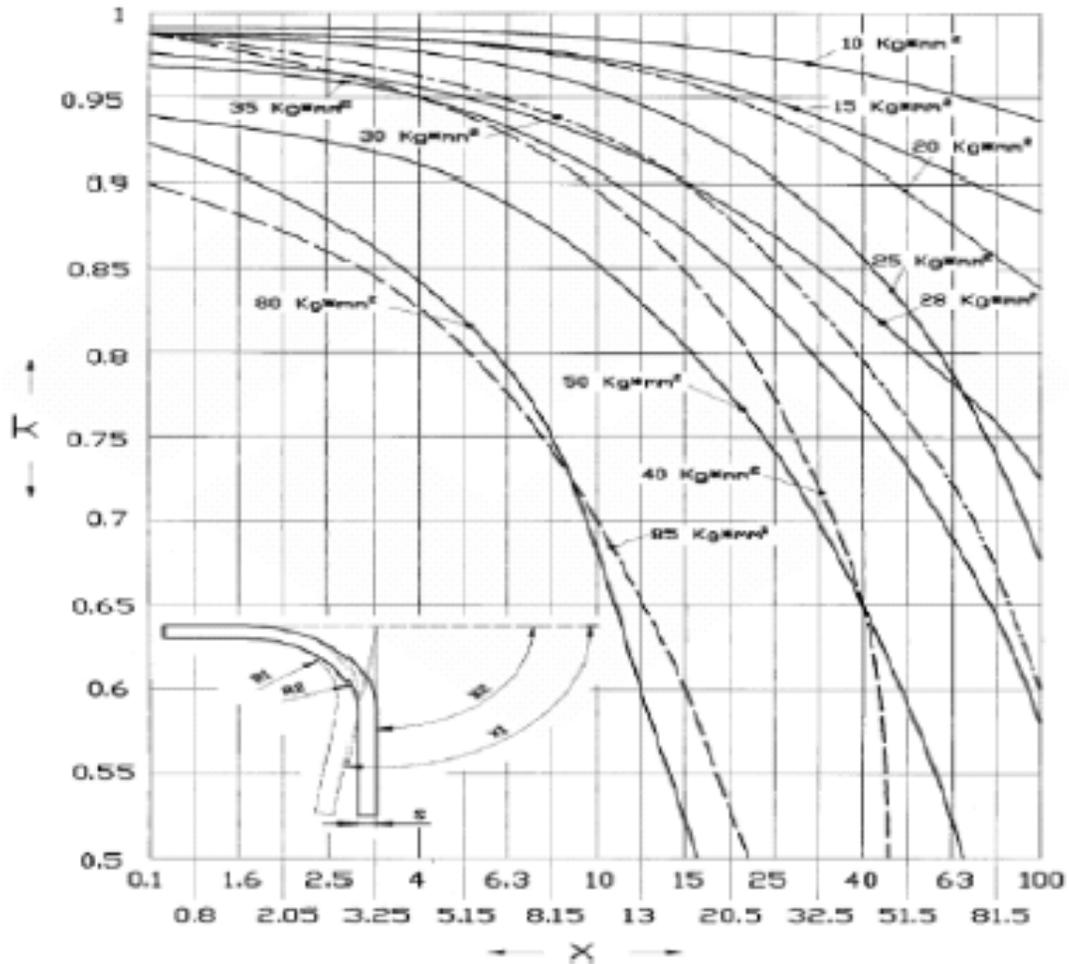
$$X = \frac{R}{E} \quad (3)$$

Donde:

R- Radio de curvatura del doblado; mm

E- Espesor de la lámina a conformar; mm

Considerando la resistencia a la tensión del material y el factor (x) obtenido, se procede a ubicar la constante de recuperación (k) en el nomograma de factores estandarizados que se representa en la Figura 2.3.



Fuente: Ferreiro López, Marcos. Diseño de una matriz progresiva para chapas [En línea]
 Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. 2011. Disponible en:
<http://www.slideshare.net/roedga/memria-67138775>.

Figura 2.3. Nomograma de factores estandarizados.

Del nomograma anterior, se selecciona la curva que indique la resistencia a la tensión del material, y en el eje de la abscisas se ubica la magnitud del factor (x) encontrado. Cortando los dos valores en los ejes del nomograma, se encuentra la constante de recuperación del material a conformar.

La presión de doblado necesaria para conformar la chapa se calcula por la ecuación (4), como:

$$P = \frac{k * D * E^2}{R_e + R_d + E} \quad (4)$$

Donde:

D- Esfuerzo para deformar la chapa;

Re- radio de la matriz; mm

Rd- Radio interno que corresponde al punzón; mm

E- Espesor de la chapa; mm

k- Constante de recuperación del material a conformar.

2.3.2. Consideraciones técnicas para seleccionar la fuente energética de la máquina. (Motor eléctrico).

La metodología prevé la selección del motor eléctrico que accionará los diferentes mecanismos de la máquina acanaladora que se propone.

Para ello es necesario tener en cuenta que:

1. La potencia del motor que se seleccione no debe ser menor que la calculada por la ecuación (5) como:

$$P = \frac{T_p * W_p}{\eta} = \frac{Fv}{\eta} \quad (5)$$

Donde:

η - Coeficiente de trabajo útil del mecanismo.

Igual a la multiplicación de los coeficientes de trabajo útil de las diferentes transmisiones que conforman el esquema cinemático de trabajo de la máquina según ecuación (6).

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 \dots \eta_n \quad (6)$$

Los valores $(\eta_1, \eta_2, \eta_3 \dots \eta_n)$, se determinan de acuerdo a los datos que se brindan en la tabla 1.1, Sherpan, (1983).

F- Fuerza de conformado y deslizamiento de la chapa, se selecciona de acuerdo a datos obtenidos de máquinas profesionales ya existentes;

V- Velocidad de desplazamiento de la chapa, se selecciona de acuerdo a datos obtenidos de máquinas profesionales ya existentes);

En correspondencia con los datos que se brindan en la tabla P1, Sherpan, (1983), y de acuerdo al valor obtenido de [P], se selecciona el motor eléctrico que debe accionar los mecanismos de la máquina.

2.3.3. Consideraciones técnicas para el cálculo de los ejes porta rodillos conformadores.

Para el cálculo de los ejes, es necesario tener en cuenta que el mismo comienza por determinar el diámetro de salida, es decir, el diámetro de la sección de eje que sirve de sostén al tipo de transmisión o transmisiones que se utilicen para accionarlo. Estas pueden ser (polea – correa, cadena, dentada u otro tipo), sin excluir la posibilidad de que en la misma sección de eje se coloquen más de una.

El cálculo se realiza sobre la base de la torsión pura sin considerar la flexión de acuerdo con la ecuación (7) como:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau_k]}} \quad (7)$$

donde:

T- Momento torsor; [N.mm]

$[\tau_k]$ - tensión permisible a torsión. (Para aceros 40, 45 y ct6, se toma como $[\tau_k]= 15$ a 20 Mpa (N/mm²))

El resultado obtenido se aproxima al valor inmediato superior en la fila de estándares. (Números preferidos).

Posteriormente se determinan los momentos torsores que actúan sobre los ejes, y se determina finalmente el diámetro del eje buscado.

Con los valores obtenidos de los cálculos realizados, se elaboran los planos de las piezas fundamentales de la máquina utilizando el Software SolidWorks 2017 sobre Windows.

2.4. Metodología para elaborar la guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.

El propósito de la investigación, es elaborar la guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico, teniendo en cuenta que en el taller T-13 no existen ni experiencias, ni personal calificado para trabajar con éste tipo de máquinas.

Para ello, se consultan las legislaciones vigentes en cuanto a seguridad e higiene del trabajo se refiere, y se investigan las particularidades del trabajo con estas máquinas a través de la bibliografía especializada e Internet.

CAPÍTULO III

Resultados y Discusión

3.1. Resultados del estudio para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez.

En correspondencia con lo planteado en la metodología 2.1, la visita efectuada al taller del CAI José María Pérez, lugar donde se encuentra instalada la máquina conformadora de tejas metálicas de referencia para su construcción por ingeniería inversa en el taller T-13 del municipio de Placetas, permitió arribar a los siguientes resultados.

Como se observa en la Figura 3.1, algunas de las partes componentes fundamentales de ésta máquina son: los rodillos conformadores del perfil de la teja, la transmisión entre rodillos, (no visibles por encontrarse ubicados debajo de la guardera), la mesa que sirve de soporte a la lámina de metal antes de ser conformada, y el mecanismo para regular la holgura entre cilindros en dependencia del espesor de la chapa a conformar.



Fuente: Foto del autor.

Figura 3.1. Partes componentes de la máquina para el conformado de tejas metálicas en el taller del CAI José María Pérez.

En la Figura 3.2 se representa otra vista de la máquina para mostrar detalles de su sistema de transmisión.

De la misma se deduce que la máquina consta además de un motor eléctrico y un reductor de velocidad, quienes a través de transmisiones por poleas-correas, cadenas y uniones dentadas, logran poner en movimiento a los rodillos que conforman la chapa hasta convertirla en una teja metálica.

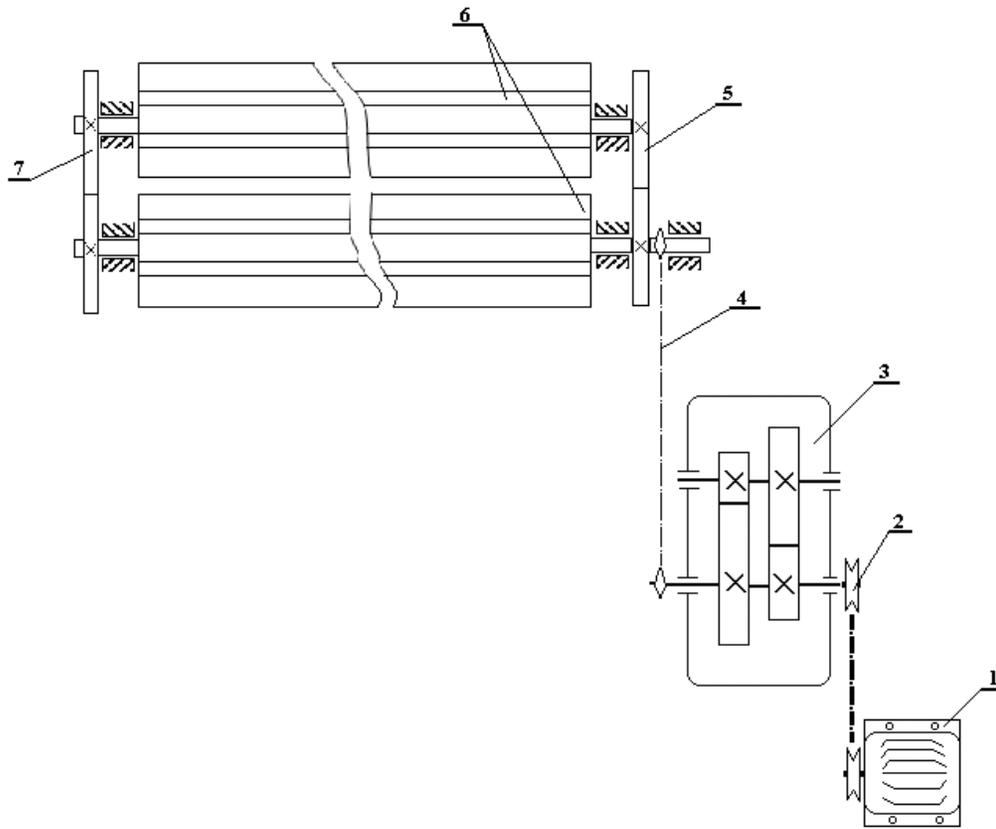


Fuente: Foto del autor

Figura 3.2. Partes componentes de la transmisión de la máquina para el conformado de tejas metálicas en el taller del CAI José María Pérez.

Como se observa en las Figuras 3.1 y 3.2, se trata en definitiva de una máquina rústica elaborada con recursos propios del taller, que pudo y debió haber sido mejorada en su concepción, diseño y construcción, pues por ejemplo, al no disponer de embragues de seguridad, las interrupciones que se producen por mal manejo de la chapa al ser colocada en la mesa soporte antes del conformado, traen consigo grandes complicaciones y pérdidas de tiempo innecesarias.

La máquina en cuestión funciona de acuerdo al esquema cinemático que se representa en la Figura 3.3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.3. Esquema cinemático de la máquina para conformar tejas metálicas instalada en el CAI José María Pérez.

1. Motor eléctrico.
2. Trasmisión por correas-poleas.
3. Reductor de velocidad.
4. trasmisión por cadenas.
5. Trasmisión dentada cilíndrica.
6. Rodillos conformadores.
7. Trasmisión dentada cilíndrica.

Analizando el esquema, se observa que desde el motor eléctrico (1), el movimiento se trasmite hasta el reductor de velocidad (3) por medio de una trasmisión de correas-poleas dobles (2).

Desde el reductor de velocidad, por medio de una trasmisión por cadenas (4), el movimiento se trasmite hasta los engranajes (5) y (7) de los rodillos

conformadores (6), donde definitivamente se conforma la chapa metálica hasta convertirla en teja.

El proceso tecnológico de trabajo de la máquina es bien sencillo como se muestra en la Figura 3.4 y consiste en lo siguiente:



Fuente: Foto del autor.

Figura 3.4. Proceso tecnológico de trabajo de la máquina conformadora de tejas metálicas en el CAI José María Pérez.

Una vez en movimiento los rodillos de la máquina, al estar dotados de las protuberancias que se señalan en la figura, elaboradas a partir de tubos soldados a sus núcleos, la chapa metálica se deforma adquiriendo un perfil ondulado como el de una teja. Sin embargo, éste es el mismo principio de funcionamiento de una máquina roleadora como la que se representa en la Figura 3.5, destinada a formar rolos a partir de chapas metálicas, accionada de manera manual en éste caso.



Fuente: Universidad Politécnica Don Bosco. Quito. Ecuador.

Figura 3.5. Máquina roleadora manual.

Por ésta razón, la teja queda conformada como un rolo que posteriormente debe ser enderezado de manera manual hasta llevarlo a forma de lámina acanalada, lo que implica realizar trabajos adicionales, independientemente de que en ocasiones hasta se pierde el perfil acanalado de la teja en alguna de sus partes durante el enderezado.

En resumen, no es ésta una máquina que se deba adoptar como patrón para construir tejas metálicas en el taller T-13, debido al inconveniente de tener que enderezar las tejas una vez conformadas y al hecho de que la misma fue construida con recursos propios de manera empírica, sin que las soluciones adoptadas se respalden en cálculos teóricos.

Por ésta razón, se hace necesario buscar otras alternativas constructivas, donde no existan los inconvenientes anteriormente señalados.

3.2. Resultados del estudio para investigar la estructura, esquema cinemático, proceso tecnológico y principio de funcionamiento de otras máquinas acalanadoras de tejas metálicas.

En correspondencia con lo planteado en la metodología 2.2, la búsqueda de información relacionada con la existencia de otras máquinas acanaladoras de chapas metálicas para conformar tejas a escala internacional, permitió obtener los siguientes resultados.

En la Figura 3.6 se representan detalles de la máquina acanaladora de chapas metálicas modelo R100, de donde se deduce que con ayuda de una serie de ejes conformadores ubicados en forma de tándem, se obtiene el perfil de la teja que se observa en la figura.

Su estructura, esquema cinemático, y principio de funcionamiento, no difieren en esencia de la máquina construida en el taller del CAI José María Pérez, sin embargo, si existen diferencias sustanciales en cuanto al proceso tecnológico. En aquella la teja queda conformada en forma de rolo como se explicó anteriormente, mientras que en la máquina R100 y las que posteriormente se analizaran, las tejas quedan conformadas en forma de láminas.

Por ello en lo adelante, el análisis se centrará solo en las particularidades constructivas de estas máquinas.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.6. Máquina acanaladora de laminas metálicas modelo R100.

En la Figura 3.7 se presentan detalles de la máquina modelo R101 y del perfil de tejas que se obtiene con la misma en la Figura 3.8.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.7. Máquina acanaladora de laminas metálicas modelo R101.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>

Figura 3.8. Detalle del perfil de la teja obtenido con la máquina R101.

Como se observa en las figuras anteriormente citadas, se trata de un perfil complejo para el cual se necesita obviamente de una máquina potente y compleja como la R101, máquina que dispone además de un tándem de rodillos de forma, totalmente hidráulizada y automatizada, imposible de construir en las condiciones de producción del taller T-13 de Placetas.

Situación similar se presenta con las máquinas R72 y MXRZP 012, representadas en las Figura 3.9 y 3.10 respectivamente.

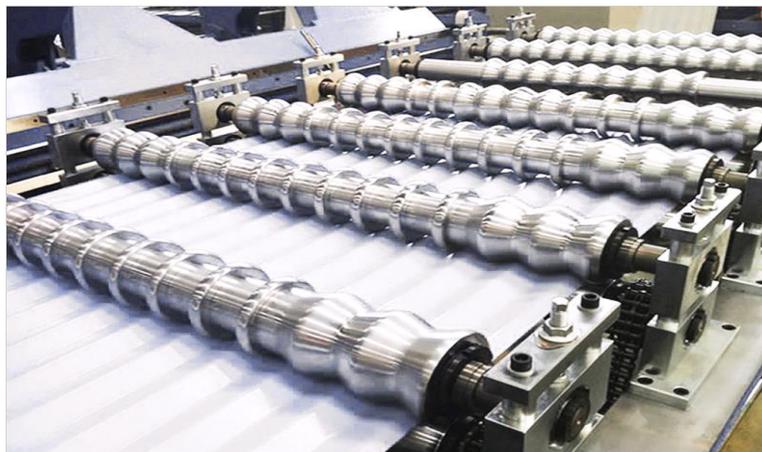
Como se observa, se trata de máquinas complejas, dotadas de una gran cantidad de rodillos conformadores elaborados en forma de tándem y contruidos de aceros inoxidables, obviamente destinadas a grandes producciones en serie de manera continua para abastecer un gran mercado de manera permanente, aunque como

se puede observar en las figuras, el perfil que en ellas se obtiene no es complejo. Por tanto, la construcción de máquinas similares no será viable para las condiciones de producción del taller T-13 ubicado en el municipio de Placetas, pero si es válido tener el cuenta el perfil obtenido debido a su poca complejidad.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.9. Máquina acanaladora de laminas metálicas modelo R72.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.10. Máquina acalanadora de láminas metálicas modelo MXRZP 012.

En la Figura 3.11, se representan detalles de la máquina conformadora de láminas metálicas modelo MXRZA-042.

De donde se deduce que, como en los casos anteriores, se trata de una máquina automatizada con ejes conformadores elaborados de materiales especiales

inoxidables ubicados en forma de tándem, quienes se encargan de asegurar una deformación progresiva de la chapa, imposible de construir en el taller T-13.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.11. Máquina acanaladora de láminas metálicas modelo MXRZA-042.

En la Figura 3.12 se representan detalles de la máquina de conformar láminas metálicas modelo MX 035, donde se observa como particularidad, que sus ejes conformadores en éste caso no han sido elaborados de aceros inoxidable, sino más bien de aceros tratados aparentemente por empavonado.

Obviamente, esta solución a la construcción de sus ejes hace que la máquina sea menos costosa que las anteriormente citadas.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.12. Máquina acanaladora de láminas metálicas modelo MXRZP 035.

De igual forma se construyen los tándems de los ejes conformadores instalados en la máquina MXRZ 065, Figura 3.13.

Esta solución técnica aplicada a la construcción de los ejes conformadores de la chapa, puede ser perfectamente viable para las condiciones de producción del taller T-13 de Placetas, pues en el mismo existe un horno para fundir hierro y un horno para tratamiento térmico.

Sin embargo, la máquina como tal no podrá ser construida en el taller por las razones anteriormente explicadas al abordarse las demás máquinas.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.13. Máquina acanaladora de láminas metálicas modelo MXRZ 065.

Finalmente, en la Figura 3.14 se representan detalles de la máquina conformadora de chapas metálicas modelo Jet 50.

Como se observa, se trata de una máquina muy compleja, dotada de una gran cantidad de rodillos conformadores agrupados en tándem como las anteriores, con la particularidad de que en éste caso los mismos poseen formas previamente elaboradas, capaces de brindar un acabado estético muy especial a las tejas en ella elaboradas. Por ello, al igual que en los casos anteriormente tratados, no se considera viable la construcción de la misma en las condiciones de producción del taller T-13 de Placetas.



Fuente: Internet. Disponible en: <http://www.Maquinas-dobladoras-de-chapas-planas.Laminadoras.files.html>.

Figura 3.14. Máquina acanaladora de láminas metálicas modelo Jet 50.

A modo de resumen se puede concluir lo siguiente:

- En todas las máquinas analizadas, la deformación se realiza de manera progresiva o por fases;
- en todos los casos los ejes son intercambiables y de esa forma se asegura obtener diferentes perfiles de tejas;
- los materiales con que se construyen los rodillos conformadores son elaborados de aceros inoxidables, o de aceros tratados termoquímicamente para evitar la corrosión y asegurar acabados superficiales estéticos en las tejas;
- en todas las máquinas analizadas existen mecanismos encargados de regular la presión de los rodillos sobre la chapa que se conforma;
- en todas las máquinas analizadas, la chapa fluye de eje a eje de manera continua deformándose de manera gradual.

3.3. Resultados del estudio para fundamentar las consideraciones técnicas al futuro diseño de la máquina.

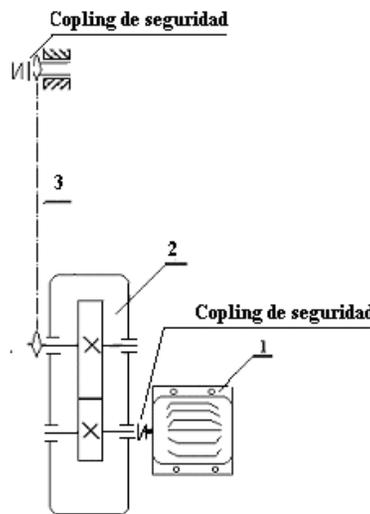
Antes de proceder a ejemplificar mediante cálculos los parámetros de diseño de las partes componentes fundamentales de la máquina, a continuación se relacionan otras recomendaciones técnicas que a la vez serán necesarias para viabilizar el diseño y posterior construcción de la máquina acanaladora de tejas para el taller T-13.

- El esquema cinemático de trabajo de la máquina, debe estar en correspondencia con el representado en la Figura 3.15.

Según la figura, la máquina debe disponer de al menos dos copling de seguridad, uno preferentemente entre el motor y el reductor de velocidad, y el otro entre el reductor y el eje motriz de los rodillos conformadores, de manera que ante cualquier sobre carga de trabajo o ante cualquier mala manipulación de la chapa, el proceso de conformado se detenga y se pueda solucionar el problema.

La máquina tomada como referente carece de ellos, y esa es una de sus grandes insuficiencias.

Los detalles de los copling de seguridad aparecen en la Figura 3.16 Anexo 1, diseñados según recomendaciones que aparecen en la norma Gost 21424-75.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.15. Ubicación de los copling de seguridad entre el motor y el reductor y a la salida del mismo.

1. Motor eléctrico. 2. Reductor de velocidad. 3. transmisión por cadenas.

- Es necesario que los rodillos conformadores se puedan desplazar, es decir, montar y desmontar de sus ejes. De esta forma la máquina sería más universal al poder conformar diferentes perfiles de tejas sin necesidad de cambiar sus ejes.

Los detalles de ésta recomendación aparecen representados en la Figura 3.17 Anexo 2, según recomendaciones constructivas que aparecen en la norma Gost 24071-80.

En esencia, se trata de la elaboración de un chavetero a todo lo largo de los ejes de la matriz y el punzón, de manera que los rodillos conformadores se puedan desplazar por ellos hasta fijarlos en la posición adecuada según el perfil de la teja a obtener.

- Los ejes porta rodillos conformadores, deben ser colocados en forma de tándem, tal y como ocurre en las máquinas profesionales destinadas a lograr perfiles acanalados para tejas.

De ésta manera las tejas quedarán conformadas en forma de láminas acanaladas, sin necesidad de ser posteriormente sometidas a enderezado como ocurre con las que se obtienen hoy en la máquina instalada en el CAI José María Pérez.

3.3.1. Resultados del estudio para calcular los parámetros de diseño del punzón (rodillos superiores), matriz (rodillos inferiores), y la fuerza de conformado.

Para la fabricación de los rodillos conformadores, tanto del punzón como de la matriz, se utiliza el acero AISI 1045, mientras que para elaborar las tejas se utiliza el Aluminio para trabajos plásticos según Casillas (1989) y datos obtenidos del taller del CAI José María Pérez, cuyas propiedades mecánicas aparecen en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Propiedades mecánicas del aluminio para trabajos plásticos:

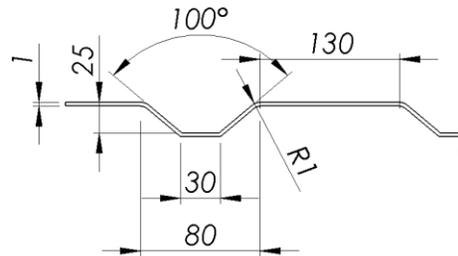
Espesor de laminado. (mm)	Carga de rotura (R) kg/mm ²	Carga de fluencia (S) kg/mm ²	Alargamiento %	(Hd) kg/mm ²
0.8 a 8	13 a 18	12 a 16	4 a 9	35 a 45

Para los cálculos se toma una carga de fluencia del material equivalente a 15 kg/mm².

En correspondencia con lo planteado en la metodología 2.3.1, y considerando que la obtención de las tejas responde a un proceso de conformado metálico, los

parámetros de diseño de la matriz, (rodillos inferiores de la máquina), y punzón, (rodillos superiores de la máquina), así como el valor de la fuerza de conformado en dependencia del material a deformar, su espesor, y perfil de la teja que se desea construir, se procede del siguiente modo.

Se parte de un detalle general del perfil de la teja metálica a obtener. Figura 3.18



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.18. Perfil de la teja metálica

De la misma se deduce que el perfil posee dos radios y un ángulo como se explicó anteriormente. El radio del hombro estará determinado por la matriz, (rodillos inferiores de la máquina), mientras que el radio de entrada estará determinado por el punzón, (rodillos superiores de la misma).

Para lograr las dimensiones requeridas de cada radio y el ángulo del perfil, las dimensiones de la matriz y el punzón se calculan como se especifica en la metodología correspondiente considerando la recuperación elástica del material del siguiente modo:

Para el punzón:

$$R_1 = k \left(R_2 + \frac{E}{2} \right) - \frac{E}{2} \Rightarrow 0.97 \left(6.3 + \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{2} = 6.09 \text{ mm}$$

Para la matriz:

$$R_1 = k \left(R_2 + \frac{E}{2} \right) - \frac{E}{2} \Rightarrow 0.97 \left(6 + \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{2} = 5.81 \text{ mm}$$

El ángulo de entrada será:

$$A_1 = \frac{A_2}{k} \Rightarrow \frac{100^\circ}{0.97} = 103.09^\circ$$

Para encontrar la constante (k), de acuerdo a la metodología 2.3.1, primeramente se determina el factor (x), que representa la relación entre el radio del perfil y el espesor del material.

En éste caso, el factor (x) calculado será:

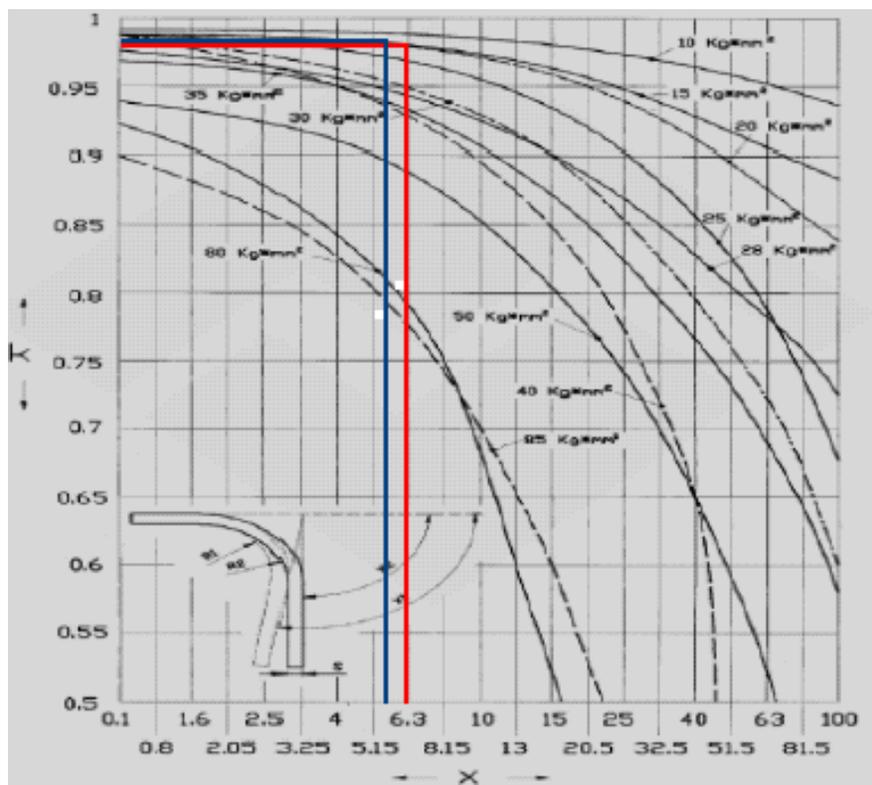
Factor (x) para el punzón:

$$X = \frac{R}{E} \Rightarrow \frac{6.3}{1} = 6.3$$

Factor (x) para la matriz:

$$X = \frac{R}{E} \Rightarrow \frac{6}{1} = 6$$

Considerando la resistencia a la tensión del material y el factor (x) obtenido, tal y como se explica en la metodología correspondiente, se procede a ubicar la constante de recuperación (k) en el nomograma de factores estandarizados que se representa en la Figura 3.19.



Fuente: Internet: Disponible en: <http://www.slideshare.net/roedga/memria-67138775>.

Figura 3.19 Nomograma de factores estandarizados.

Como se observa, los valores obtenidos para la constante de recuperación del material son de aproximadamente 0.97, pues son muy similares los dos valores obtenidos.

La presión necesaria de doblado para conformar la chapa será:

$$P = \frac{k * D * E^2}{R_e + R_d + E} \Rightarrow \frac{0.97 * 1716 * 1}{5.81 + 6.09 + 1} = 129 MPa$$

De donde se deduce, que para elaborar una canal, la fuerza requerida es de 129 Mpa, sin embargo, teniendo en cuenta que se prevén cinco canales para la teja a conformar, la fuerza total de conformado se calcula como:

$$P = \frac{k * D * E^2}{R_e + R_d + E} \Rightarrow \frac{0.97 * 1716 * 1}{5.81 + 6.09 + 1} * 5 = 699 MPa$$

3.3.2. Resultados del estudio para seleccionar la fuente energética de la máquina. (Motor eléctrico).

Antes de realizar los cálculos para determinar las características del motor eléctrico a utilizar, es necesario tener presente, según se explica en la metodología 2.3.2, que la potencia del mismo no debe ser menor que la calculada por la ecuación correspondiente como:

$$P = \frac{T_p * W_p}{\eta} = \frac{F_v}{\eta} \quad (6)$$

En correspondencia con los datos que se brindan en la tabla 1.1, Sherpan, (1983), los valores de los coeficientes de trabajo útil (kpd), de las diferentes transmisiones que conforman el esquema cinemático de la máquina son:

- Para la transmisión cilíndrica cerrada dentro del cuerpo del reductor $\eta = 0.97-0.99$;
- Para la transmisión abierta de cadena $\eta = 0,90 - 0.95$;
- Para la transmisión cilíndrica abierta entre los rodillos de la matriz y el punzón $\eta = 0,95 - 0.96$

De acuerdo a los datos tomados del perfil de la teja, Figura 3.15, el diámetro de los rodillos conformadores debe ser 25mm superior al del eje que los soporta, por tanto:

D= 50mm

*F= $4 \cdot 10^3$ N (Fuerza de conformado y deslizamiento de la chapa)

*V= 0,8 m/s (Velocidad de desplazamiento de la chapa)

Nota: Los valores marcados con (*), han sido extraídos de los catálogos de máquina similares de conformación de tejas destinadas a la producción en serie.

Finalmente, los valores de (η) seleccionado son:

- Para la transmisión cilíndrica cerrada dentro del cuerpo del reductor $\eta = 0.98$;
- Para la transmisión abierta de cadena $\eta = 0.95$;
- Para la transmisión cilíndrica abierta entre los rodillos de la matriz y el punzón $\eta = 0.96$

El coeficiente que considera las pérdidas por fricción en los apoyos de los ejes se toma como:

$$\eta_0^3 = 0.99^3$$

Entonces:

$$\eta = \eta_1 * \eta_2 * \eta_3 \dots \eta_0^3 = 0.98 * 0.95 * 0.96 * 0.99^3 = 0.89$$

La potencia requerida del motor se calcula entonces por la ecuación (7) como:

$$P = \frac{Fv}{\eta} = \frac{4 \cdot 10^3 * 0.8}{0.89} = 3,6 \cdot 10^3 W \quad (7)$$

La frecuencia de rotación o giro de los rodillos conformadores será:

$$\eta_p = \frac{60v}{\pi D} = \frac{60 * 0,8}{3.14 * 0,05} = 30,5 rpm \quad (8)$$

En correspondencia con los datos que se brindan en la tabla P1, Sherpan, (1983), es necesario seleccionar entonces un motor eléctrico entre las siguientes marcas:

4A100S2Y3 con P= 4 Kw; $n_c=3000$ rpm y s=3.3%

4A100L4Y3 con P= 4 Kw; $n_c=1500$ rpm y s= 4,7%

4A112MB6Y3 con P= 4 Kw; $n_c=1000$ rpm y s=5,1%

4A132S8Y3 con P= 4Kw; $n_c=750$ rpm y s=4,1%

Se selecciona definitivamente para accionar la máquina el motor 4A112MB6Y3.

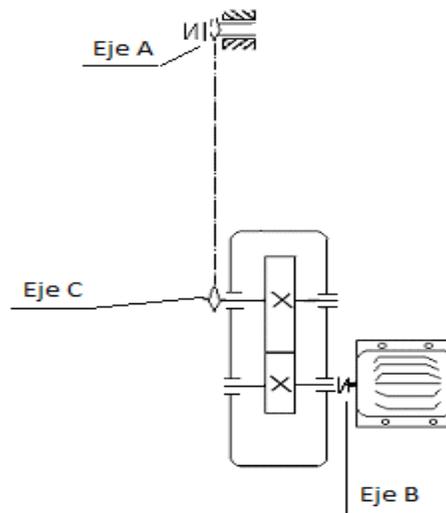
3.3.3. Resultados de los cálculos para los ejes porta rodillos conformadores.

Como se indica en la metodología 2.3.3, la proyección del eje comienza por determinar su diámetro de salida, sobre la base del cálculo a torsión pura sin considerar la flexión según la ecuación:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi[\tau_k]}}$$

El resultado obtenido se aproxima al valor inmediato superior en la fila de estándares. (Números preferidos).

En correspondencia con el esquema cinemático de trabajo de la máquina, extraído de la Figura 3.15, y despreciando las pérdidas por patinaje y fricción, se identifican los ejes que aparecen en la Figura 3.20, como partes fundamentales para el trabajo de la máquina.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.20. Ejes de trabajo de la máquina de acuerdo a su esquema cinemático.

En la tabla 3.2 se representan los valores calculados de rpm y velocidades angulares de cada eje.

Tabla 3.2. Valores calculados de rpm y velocidades angulares.

Eje	rpm; (n)	Velocidad angular; (w)
Eje B	n = n _{motor} = 1000 rpm	W _{motor} = 99,3 rad/s
Eje C	n = 189 rpm	W = 19,86 rad/s
Eje A	n = 30,5 rpm	W = 3,2 rad/s

Los momentos de giro serán:

- Para el eje del piñón del reductor:

$$T_1 = \frac{P_1}{W_1} = \frac{4 \cdot 10^3}{99.3} = 40 N.m = 40 \cdot 10^3 N.mm$$

- Para el eje de la rueda del reductor:

$$T_2 = T_1 * Vp = 40 \cdot 10^3 * 5 = 200 \cdot 10^3 N.mm$$

El diámetro de salida del eje del reductor y a la vez, el diámetro de los ejes conformadores donde se colocarán las transmisiones por cadenas y pares cilíndricos será entonces:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T_1}{\pi[\tau_K]}} = 3\sqrt{\frac{16 * 40 \cdot 10^3}{3.14 * 20}} = 29,3mm$$

Como se indica en la metodología correspondiente, éste valor se redondea al inmediato superior en la lista de números preferidos y de ésta forma se define que el diámetro de trabajo será:

$$d = 30 \text{ mm.}$$

Con estos valores se ejecuta el diseño de los ejes porta rodillos que aparece en la Figura 3.21. Anexo 3, y se estará en condiciones de proceder al diseño de la máquina en cuestión.

3.4. Resultados del estudio para elaborar la guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.

En correspondencia con lo planteado den la metodología 2.4, y teniendo en cuenta que en el taller T-13 no existen experiencias de trabajo ni personal capacitado para operar máquinas conformadoras de metales, el objetivo de la presente guía es ofrecer, tanto al profesional de la prevención, como al operador u operadores de la máquina conformadora, una serie de conceptos e ideas básicas que les permitan, una vez definidos los procedimientos, técnicas y herramientas relacionadas con los procesos de conformado, identificar los riesgos inherentes al proceso y establecer una correcta evaluación de los diferentes puestos de trabajo.

En éste sentido, la evaluación de riesgos es el proceso mediante el cual, la empresa tiene conocimiento de su situación con respecto a la seguridad y la salud de sus trabajadores.

En la práctica, el concepto evaluación de riesgos incluye fases diferenciadas y consecutivas:

1. Identificar los factores de riesgo y las deficiencias originadas por las condiciones de trabajo.
2. Eliminar los que sean evitables.
3. Valorar los no evitables
4. Proponer medidas para controlar, reducir y eliminar, siempre que sea posible, tanto los factores de riesgo como los riesgos asociados.

La evaluación de riesgos también debe incluir la identificación de los incumplimientos de la normativa general y específica que sea aplicable a la empresa en función de sus características de tamaño, actividad productiva, ubicación, etc., lo que, a pesar de no generar un riesgo en el sentido estricto del término, es un aspecto que se debe tratar como mínimo, como una "deficiencia".

Para hacer una identificación correcta, las personas encargadas del proceso de evaluación deben ser competentes, y deben tener los conocimientos necesarios que les permitan reconocer los indicadores y las señales que alerten de la existencia de factores de riesgo y de situaciones deficientes e incorrectas.

Los profesionales encargados de esta identificación tienen que buscar y saber qué buscan, y deben utilizar todos los indicadores que, además de sus conocimientos, les ayuden a hacer un buen diagnóstico del estado de la prevención de los riesgos laborales en la empresa.

La eliminación de los riesgos no siempre es posible. Es entonces cuando hay que recurrir a otra alternativa, la de valorar los riesgos que no se han podido evitar, con el fin de determinar cuál es la magnitud y la gravedad del riesgo, para adoptar las medidas preventivas más adecuadas en función de su gravedad.

Para valorar la magnitud de estos riesgos, se pueden utilizar varias metodologías según la tipología del riesgo. Actualmente se dispone de metodologías adecuadas

para todo tipo de riesgos, tanto si se trata de riesgos de seguridad como si se trata de riesgos higiénicos, ergonómicos o psicosociales.

Asimismo, en determinados tipos de riesgos, las metodologías quedan establecidas por la normativa, que es la que indica cómo se tiene que evaluar la magnitud del riesgo en cuestión e incluso, indica las medidas preventivas que se deben adoptar en función de esta magnitud.

Una serie de condiciones o factores de trabajo comunes a todas las disciplinas relacionadas con la prevención (seguridad, higiene, ergonomía-psicosociología y salud laboral) que, si no son correctas pueden originar o agravar los factores de riesgo específicos, son las siguientes:

- Realización de tareas no habituales o no programadas;
- presencia de trabajadores de más de una empresa en el centro de trabajo;
- presencia de trabajadores temporales o contratados;
- posibles interferencias entre puestos de trabajo o trabajadores;
- presión de tiempo, ritmo de trabajo elevado, trabajo a rendimiento o a destajo, trabajo monótono;
- formación y experiencia insuficiente para las exigencias o las responsabilidades de la tarea;
- trabajo nocturno o por turnos.
- instrucciones, métodos o procedimientos de trabajo inexistentes, insuficientes, inadecuados o verbales;
- procedimientos de trabajo en intervenciones peligrosas (espacios confinados, incendios);
- dependencia jerárquica confusa;
- mantenimiento preventivo inexistente, insuficiente, inadecuado o no documentado;
- revisiones oficiales inexistentes, insuficientes, inadecuadas o no documentadas;
- equipos de protección individual no proporcionados, inadecuados, estropeados, insuficientes o no renovados;

– participación o consulta de los trabajadores o los representantes de los trabajadores inexistente, insuficiente, inadecuada o no documentada.

Una relación detallada de los principales riesgos que se pueden encontrar en los procesos de conformado de metales es la siguiente: Tabla 3.3

Tabla 3.3. Riesgos generales en procesos de conformado.

Riesgo	Descripción	Causas
Caídas al mismo nivel	Tropezar o resbalar con/sobre elementos, restos de material de los diferentes procesos.	Falta de organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
Caídas a distinto nivel	Ascenso o descenso de plataformas, máquinas o niveles de trabajo distintos al suelo, así como caídas desde los mismos.	Falta de medidas de protección colectivas, barandillas, pasa manos, superficies antideslizantes. Falta de organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
Caída de objetos por desplome o derrumbes.	Rotura de paquetes de material a la entrada o salida del proceso.	Mal apilado de los materiales, falta de zonas definidas para almacén, falta de orden, demasiada altura de las cargas almacenadas o mal apiladas.
Caída de objetos en manipulación.	Caída de chapas, perfiles, tubos y demás elementos mientras se trabaja con ellos.	No se dispone de elementos útiles, carros y demás medios auxiliares que faciliten la manipulación.

Caída de objetos desprendidos o suspendidos.	Caída de objetos durante su manipulación o transporte.	Falta de señalización de las zonas de paso de las cargas y en mantenimiento. Deficiente estado de los medios.
Pisadas sobre objetos.	Pisar o caminar sobre chapas y demás elementos relacionados con el proceso.	Falta de orden y limpieza periódica del puesto de trabajo.
Golpes y choques contra objetos inmóviles.	Chocar o golpearse contra partes salientes de máquinas u otros elementos fijos, así como acopio de material, que invaden la zona de trabajo.	Falta de separación suficientes entre elementos, de protección de zonas peligrosas, señalización horizontal.
Golpes y choques contra objetos móviles.	Chocar o golpearse por acceder a la trayectoria de equipos móviles.	Falta de protección, señalización, vallas, dispositivos de seguridad.
Golpes y cortes por objetos y herramientas.	Cortes con los elementos manipulados, herramientas manuales o de accionamiento mecánico/eléctrico.	No cumplir las reglas de protección, utilizar herramientas inadecuadas, falta de elementos de seguridad.
Proyección de fragmentos o partículas.	Proyecciones de partículas.	No cumplir las reglas de protección, trabajar en condiciones inadecuadas, falta de

		señalización y mantenimiento.
Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.	Atrapamiento o aplastamiento con elementos de máquinas en funcionamiento.	Faltan resguardos y sistemas de seguridad.
Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas y vehículos.	Vuelco de vehículos por pérdida de estabilidad o fijación deficiente.	No cumplir con las normas de seguridad para vehículos. Deficiente instalación de las máquinas.
Sobre esfuerzos, posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.	Durante la manipulación de cargas y ejecución de trabajos en serie.	Falta de carros y medios auxiliares de transporte, exceder los límites de carga recomendados, rotación deficiente en los puestos.
Atropello o golpes con vehículos.	Atropello o golpes con vehículos.	Falta de señalización y delimitación de las zonas de trabajo. Incumplimiento de las normas básicas de seguridad.
Exposición al ruido.	Pérdida de audición por exposición a niveles de ruido por encima de lo permisible.	No realizar mediciones, falta de señalización y reconocimiento médico periódico.
Iluminación inadecuada.	Pérdida de capacidad visual por falta de iluminación en el puesto	No realizar mediciones, falta de iluminación localizada, falta de

	de trabajo.	reconocimiento médico periódico.
Exposición a vibraciones.	Procedentes del funcionamiento de máquinas y herramientas que absorbe el trabajador.	Excesivo tiempo de exposición, falta de chequeos médicos periódicos.
Exposición a radiaciones ionizantes y/o no.	Su absorción produce serios trastornos en la piel, la cara y los ojos. Las ionizantes tienen carácter cancerígeno.	Falta de normas y medios de protección, chequeos médicos periódicos, aislamiento de sustancias peligrosas, etc.
Incendio.	Combustión controlada de materiales y sustancias originada por una activación en forma de calor, chispas, brazas, etc.	Falta de orden y limpieza, electricidad estática, deficiencias en las instalaciones eléctricas, fugas de gases, combustibles, etc.
Explosión.	Liberación brusca de energía que causa ondas de choque o diferencias de presión muy potentes.	Ausencia de sistemas de ventilación y extracción de aire y vapores, gases y polvo en suspensión.
Contactos eléctricos directos.	Electrocución por contacto directo con partes en tensión de la máquina de conformar.	Cuadros eléctricos e instalaciones no protegidas.
Contactos eléctricos indirectos.	Electrocución por contacto con partes en tensión de la máquina de	Falta de aislamiento, tomas de tierra inadecuadas, etc

	conformar.	
Exposición a temperaturas ambientes extremas.	Golpes de calor por exposición prolongada a altas temperaturas en trabajos que generan gran cantidad de calor.	Ausencia de ventilación adecuada, falta de mantenimiento, no rotar los puestos de trabajo.
Contactos térmicos.	Abrasiones y quemaduras por contacto directo.	Falta de protección y resguardos fijos y regulables.
Exposición a sustancias nocivas y tóxicas.	Contacto o absorción de sustancias nocivas y/o tóxicas.	Mala manipulación de productos químicos, falta de medidas de protección.

Para cada peligro detectado, debe valorarse el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

Severidad del daño. Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse: Partes del cuerpo que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

Ligeramente dañino: (cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo, molestias e irritaciones).

Dañino: (laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedades que conducen a una incapacidad menor).

Extremadamente dañino: (amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida).

Probabilidad de que ocurra el daño.

Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre.

Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones.

Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces.

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas. Los requisitos legales y los códigos de buenas prácticas para medidas específicas de control, también juegan un papel importante. Además de la información sobre las actividades de trabajo, se debe considerar lo siguiente: Trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos (características personales o estado biológico), frecuencia de exposición al peligro, fallos en el servicio; por ejemplo: electricidad y agua, fallos en los componentes de las instalaciones y de las máquinas, así como en los dispositivos de protección, exposición a los elementos, actos inseguros de las personas; (errores no intencionados y violaciones intencionadas de los procedimientos):

La Tabla 3.4 muestra un método simple para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y a sus consecuencias esperadas.

Tabla 3.4. Procedimiento para estimar los niveles de riesgo.

NIVELES DE RIESGO

		CONSECUENCIAS		
		Ligeramente Dañino D	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
PROBABILIDAD	BAJA (B)	TRIVIAL (T)	TOLERABLE (TO)	MODERADO (TO)
	MEDIA (M)	TOLERABLE (TO)	MODERADO (MO)	IMPORTANTE (I)
	ALTA (A)	MODERADO (MO)	IMPORTANTE (I)	INTOLERABLE (IN)

Los niveles de riesgos indicados en el cuadro anterior, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la periodicidad de las acciones.

En la Tabla 3.5 se muestra un criterio sugerido como punto de partida para la toma de decisiones y se indica además que los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, deben ser proporcionales al riesgo.

Tabla 3.5. Criterios para la toma de decisiones en el control de riesgos.

Riesgo	Acción y periodicidad
Trivial	Nos e requiere ninguna acción específica.
Tolerable	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantenga la eficacia de las medidas de control.
Moderado	Se deben realizar esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las acciones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado se combina con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para establecer la necesidad de mejora de las acciones de control.
Importante	No se debe comenzar el trabajo hasta tanto no haya desaparecido el riesgo y para ello puede que se necesiten recursos importantes. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se esté realizando, el problema debe resolverse en un tiempo menor que el

	aplicado para riesgos moderados.
Intolerable	No debe comenzar, ni se debe continuar el trabajo hasta no reducir a desaparecer el riesgo. Si esto no es posible, no se debe permitir realizar la tarea.

Los métodos de control deben escogerse teniendo en cuenta los siguientes principios: Combatir los riesgos en su origen. Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo, reduciendo los efectos del mismo en la salud. Tener en cuenta la evolución de la técnica. Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro. Adoptar las medidas que antepongan la protección colectiva a la individual. Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

3.4.1. Seguridad en el empleo de las máquinas.

En máquinas de conformado de metales, se deberá trabajar únicamente con sistemas automatizados totalmente cerrados que impidan el acceso a la zona de trabajo.

En estas máquinas, el reglaje se deberá realizar solo por personal experimentado, y siempre utilizando sistemas de doble mando, para conseguir un nivel de seguridad más alto que con él un sistema simple.

Debe existir un selector con posibilidad de consignación mediante llave.

Los resguardos deberán estar asociados a interruptores de seguridad que certifiquen la parada total del sistema si se produce una rotura de los mismos.

Se recomienda cuando se utilicen sistemas automatizados de alimentación (robots o manipuladores) la utilización de interruptores con enclavamiento y bloqueo (electromagnético).

Los sistemas neumáticos que comandan embragues, volantes de inercia, reductoras, transmisiones, etc, deberán poseer válvula de doble cuerpo para tener un nivel adecuado de seguridad. Su efectividad e importancia reside en su dualidad.

El conjunto del embrague y el volante de inercia deben estar protegidos mediante un carenado fijo, así como la parte frontal del recorrido del carro para evitar atrapamientos.

Nunca se deberá emplear el sistema de pedal para accionar la máquina en modo manual o reglaje, a no ser que se utilice junto con otros sistemas de seguridad como son rejas con interruptores de seguridad o sistemas opto-electrónicos.

Deberán poseer capota de protección para evitar arranques intempestivos.

Durante las labores de mantenimiento, se deberá colocar uno o más “bloques de seguridad” para impedir la caída accidental de elementos móviles.

En máquinas de gran tamaño se tendrá especial atención al acceso de operarios ajenos al proceso productivo.

3.4.2. Seguridad de los operarios.

Los mismos deben poseer obligatoriamente:

- **Calzado de seguridad**, debido a que existe la posibilidad de caída de piezas durante su manipulación, golpes, atrapamientos, resbalones.
- **Ropa de protección** para evitar enganchones y raspaduras con órganos en movimiento y piezas metálicas, salpicaduras y contactos térmicos.
- **Protectores auditivos** en el caso de que la emisión acústica sea > 85 dB.
- **Guantes** ya que normalmente se trabaja con piezas metálicas que pueden producir cortes y quemaduras por contacto térmico o sustancias corrosivas.
- **Mascarillas y protectores respiratorios** para evitar inhalación de sustancias tóxicas y peligrosas.
- **Gafas y pantallas faciales** para proteger de proyecciones de partículas incandescentes o no, así como de radiaciones peligrosas.
- **Casco y protectores de cabeza** para evitar lesiones por caída de objetos en altura y proyecciones de partículas.

3.4.3. Seguridad en el empleo de herramientas manuales.

En plena era de la automatización, la herramienta manual sigue siendo elemento imprescindible para determinada clase de trabajos, siendo las causas fundamentales de accidentes con ellas las siguientes:

- Inapropiada calidad de las herramientas;
- la inadecuación de las mismas para el trabajo que se realiza;
- la utilización descuidada o inexperta por parte del operario;
- el mal estado de las herramientas por falta de mantenimiento;
- el incorrecto almacenamiento y transporte.

3.4.4. Seguridad en manipulación manual de cargas

En la mayor parte de las industrias, la carga y transporte manual de materiales es una tarea harto frecuente que produce un gran número de lesiones.

Se pueden resumir en cinco las medidas preventivas que es preciso observar para reducir el riesgo de accidentes en este tipo de labores:

- 1.^a Trabajar con un método seguro.
- 2.^a Emplear, siempre que sea posible, medios mecánicos auxiliares, como palancas, gatos, carretillas, etc.
- 3.^a Seleccionar y adiestrar adecuadamente al personal.
- 4.^a Control constante.
- 5.^a Emplear prendas de protección (guantes, botas, casco, etc.).

Los operarios no deberán levantar nunca un peso que resulte excesivo para sus condiciones físicas. Cuando esto ocurra, deben pedir ayuda.

3.4.5. Seguridad en manipulación de cargas por medios mecánicos.

Algunas normas de seguridad aplicables al caso son las siguientes:

- No sobrepasar la carga máxima señalada del aparato en cuestión;
- amarrar convenientemente las cargas para que no puedan deslizarse o bascular;
- rotura de un elemento de elevación (cuerdas, cadenas, cables, etc.);
- no colocar las manos entre las eslingas y la carga;
- no tirar jamás oblicuamente de una carga;
- al iniciar la jornada laboral, se deben realizar pruebas en vacío para comprobar el correcto funcionamiento de los dispositivos de seguridad y elevación (frenos, bocinas, finales de carrera, sistemas de alarma, etc.);
- buscar los puntos óptimos de anclaje. No fiarse de los cables que sirven de ataduras de tubos, redondos, etc.;

- no izar ni transportar personas con estos equipos.

Para realizar trabajos de enganche y eslingado de cargas, el operario debe utilizar el siguiente equipo de protección personal:

- Casco de seguridad que le proteja contra los golpes y las caídas de objetos.
- Calzado de protección con puntera reforzada;
- guantes de cuero contra cortes y pinchazos;
- gafas de seguridad, cuando sean necesarias.

3.4.6. Seguridad frente a riesgos eléctricos.

Para la protección contra los riesgos de contacto con las masas de las instalaciones que puedan quedar accidentalmente con tensión se adoptarán, en corriente alterna, uno o varios de los dispositivos siguientes:

- Puesta a tierra de las masas. Las masas deben de estar unidas eléctricamente a una toma de tierra o a un conjunto de tomas de tierras interconectadas que tengan una resistencia apropiada;
- las instalaciones, tanto con neutro aislado de tierra como con neutro unido a tierra, deben estar permanentemente controladas por un dispositivo que indique automáticamente la existencia de cualquier defecto de aislamiento, o que separe automáticamente la instalación o la parte de la misma en la que esté el defecto, de la fuente de energía que alimenta;
- utilizar interruptores de corte automático o de aviso, sensibles a la corriente de defecto (interruptores diferenciales) o a la tensión de defecto (relés de tierra);
- en corriente continua se adoptarán sistemas de protección adecuados para cada caso, similares a los referidos para alterna. Inaccesibilidad a las instalaciones eléctricas;
- todo el recinto de una instalación de alta tensión debe estar protegido desde el suelo por un cierre metálico o de fábrica con una altura mínima de 2,40 m, provisto de señales de advertencia de peligro de alta tensión, para impedir el acceso a las personas ajenas al servicio.

3.4.7. Seguridad frente a condiciones ambientales físicas.

Siempre que sea posible, es necesario acondicionar los locales de trabajo para conseguir la temperatura y humedad más adecuadas.

Es necesario asegurar una buena iluminación,

Debe obtenerse un contraste adecuado en el lugar de trabajo por medio de diferentes colores.

La falta o escasez de ventilación, sobre todo en aquellos locales donde trabajan muchas personas, hace que el aire se vicia y que, como consecuencia, aumente la fatiga.

3.4.8. Seguridad frente a diferentes contaminantes.

Desde el punto de vista de la higiene industrial, contaminantes son todos aquellos agentes que surgen como consecuencia de la actividad laboral y que pueden producir una alteración en la salud del trabajador. De acuerdo con esto, podemos clasificarlos en tres grandes grupos:

- Agentes contaminantes químicos.
- Agentes contaminantes físicos.
- Agentes contaminantes biológicos.

- **Contaminantes químicos:**

Los agentes químicos están divididos en dos grandes grupos según el estado en que se presentan:

1. *Estado gaseoso:* Son sustancias que se presentan como *gases* a la temperatura y presión normales (25° C y 760 mm.); por ejemplo, el óxido de carbono, gas del alumbrado, cianhídrico, etc. *Los vapores representan la fase gaseosa* de una sustancia que es líquida o sólida a la temperatura y presión normal, como, por ejemplo, el benzol, tetracloruro de carbono, amoníaco, etc.

2. *Materias particuladas:* Constituidas por partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera. Se dividen en:

Polvos: Partículas sólidas en suspensión en el aire, producidos generalmente por procesos de desintegración.

Según su toxicidad se pueden clasificar en:

a) Polvos tóxicos, que producen envenenamiento. Ejemplos: plomo, arsénico, mercurio, fósforo, etc.

b) Polvos pneumoconióticos, que provocan fibrosis en los pulmones. Ejemplos: sílice, silicatos, asbestos, etc.

c) Polvos inertes, que pueden causar irritación pero no producen envenenamiento ni fibrosis. Son simplemente polvos molestos. Ejemplos: aluminio puro, yeso, etc.

d) Polvos irritantes de la piel (sosa, potasa, etc.).

e) Polvos que producen alergia en ciertas personas (polen, algodón, plumas, pelos, serrín, etc.).

Humos: Son partículas sólidas formadas por condensación. Es el caso, por ejemplo, de los metales en fusión y de los procesos de soldadura.

Rocío o aerosoles: Son partículas líquidas producidas por la desintegración de un líquido (pintura pulverizada).

Nieblas: Son partículas líquidas o rocíos visibles en el aire debidas a la condensación de vapor de un líquido en un núcleo gaseoso.

- **Contaminantes físicos:**

Los contaminantes físicos son distintas formas de energía que, generados por fuentes concretas, pueden afectar negativamente a las personas que están sometidos a ellas.

Además de la temperatura, de la que ya hemos hablado, podemos encontrarnos con los siguientes contaminantes físicos en el ambiente de trabajo:

a) Radiaciones.

b) Ruido y vibraciones.

a) **RADIACIONES**

Las radiaciones son ondas electromagnéticas o corpusculares emitidas por determinadas materias. Se dividen en ionizantes y no ionizantes.

Dentro de la clasificación de NO IONIZANTES se encuentran las radiaciones infrarrojas, las ultravioleta, las microondas y las radiofrecuencias.

Radiaciones infrarrojas: Son ondas térmicas emitidas por un cuerpo a determinada temperatura. No penetran profundamente en la piel, pero su efecto de calentamiento sobre el organismo puede producir serios trastornos. Este tipo de

radiaciones se dan con frecuencia en la industria metalúrgica y del vidrio. En estos casos es preciso proteger al trabajador mediante pantallas anticalóricas, ropa de protección de material reflectante en incluso, trajes especiales refrigerados por aire.

Radiaciones ultravioleta: Casi todo el mundo está familiarizado con los efectos de estas radiaciones, pues son capaces de producir irritaciones graves sobre la piel y los ojos cuando se toma el sol sin protección.

En la industria, el principal foco de este tipo de radiaciones es la soldadura por arco eléctrico. Por este motivo, el soldador y sus ayudantes deben protegerse con un vestuario adecuado que cubra las partes de piel expuestas, especialmente la cara y los ojos.

Las radiaciones ionizantes son, por ejemplo, las producidas por el rádium, los rayos X, los reactores o pilas atómicas y los cuerpos reactivos.

Hace algunos años, las radiaciones ionizantes se

Sin embargo, si se adoptan las debidas medidas de seguridad, los efectos nocivos de las radiaciones son evitables:

- 1) Instruir a los trabajadores sobre normas de protección tanto individual como colectiva.
- 2) Reconocimientos médicos específicos.
- 3) Aislamiento de las sustancias radiactivas.
- 4) Control de la exposición y dosis recibidas.
- 5) Higiene personal esmerada.
- 6) Prohibición de fumar, beber o comer en el puesto de trabajo.
- 7) Ventilación forzada de los locales.

b) RUIDO Y VIBRACIONES

La exposición prolongada a niveles elevados de ruido continuo causa frecuentemente lesiones auditivas progresivas que no se manifiestan hasta pasado cierto tiempo y que pueden llegar a la sordera total.

También los ruidos de impacto o ruidos de corta duración pero de muy alta intensidad (golpes, detonaciones, explosiones, etc.), pueden causar, en un momento, lesiones auditivas graves, como la rotura del tímpano.

Actuar sobre el foco emisor del ruido: Consiste en diseñar o adquirir los equipos, máquinas o instalaciones menos ruidosos que sea posible, o en adoptar medidas técnicas sobre los equipos ya existentes tendentes a reducir el ruido que emiten.

Para impedir o dificultar la propagación del ruido pueden adoptarse las siguientes medidas:

- Aislar (encerrar) los equipos o máquinas ruidosas en recintos apropiados.
- Instalar pantallas absorbentes alrededor de la máquina.
- Montar la máquina sobre aisladores de vibración para evitar su propagación a través del suelo.
- Recubrir paredes, techo y suelo con materiales absorbentes.
- Concentrar en recintos aislados las operaciones o tareas ruidosas.
- En cierto tipo de instalaciones será posible aislar, mediante cabinas insonorizadas, a los operarios que las controlan.
- En ciertos casos puede ser factible rotar a los operadores de la máquina ruidosa para que su tiempo de exposición sea menor.

- **Contaminantes biológicos:**

Cada vez son más frecuentes los problemas laborales relacionados con los agentes biológicos. Como ejemplos por todos conocidos citaremos el SIDA, la *legionella*, la tuberculosis, la hepatitis, la brucelosis, la hidatidosis, el tétanos, la rabia, la triquinosis, el carbunco, la toxoplasmosis, la tularemia, la leptospirosis, etc.

En todos estos casos es fundamental el uso de trajes que ofrezcan protección adecuada, así como guantes y calzado convenientes, todo ello sin olvidar las condiciones higiénicas generales y la correcta desinfección tanto de los lugares de trabajo propiamente dichos como de los vestuarios, comedores y aseos.

Conclusiones

1. Por su estructura, proceso tecnológico de trabajo y principio de funcionamiento, no debe tomarse a la máquina acalanadora de tejas metálicas existente en el CAI José María Pérez como referente.
2. En todas las máquinas profesionales destinadas al conformado de perfiles metálicos para tejas, sus rodillos conformadores se ubican en forma de tándem y la deformación es progresiva.
3. Las recomendaciones técnicas plasmadas en el trabajo, facilitarán el posterior diseño de la máquina avalado por los cálculos de sus partes componentes fundamentales.
4. La guía técnica de evaluación de riesgos y procedimientos de trabajo elaborada, permitirá el trabajo seguro en las operaciones de conformado metálico.

Recomendaciones

1. Sobre la base de las consideraciones técnicas señaladas en el trabajo, acometer el diseño de la maquina conformadora de tejas metálicas para el taller T-13 en trabajos posteriores.
2. Una vez diseñada la máquina, entregar a los directivos del taller los resultados del estudio, de manera que se pueda acometer en el mismo la construcción de la máquina que el gobierno solicitó para sustituir importaciones y ayudar a la restauración del fondo habitacional y empresarial del municipio.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, J.: "Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones", edit. Graw -Hill, Ed. Coruña, pp. 79-84, 1998.
- Anónimo.: Lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución, 2011.
- Anónimo: Ciclonés tropicales en Cuba [en línea] mayo 2007, Disponible en: [https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclonés Tropicales en Cuba&oldid=2949697](https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclonés_Tropicales_en_Cuba&oldid=2949697) [Consulta: enero 18 2018].
- Anónimo: Ciclón tropical [en línea] abril 2006, Disponible en: [http://www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ciclón tropical](http://www.es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ciclón_tropical) [Consulta: diciembre 12 2017].
- Anónimo: La escala de Saffir-Simpson, la medida de los huracanes [en línea] julio 2017. Disponible en: <http://www.elmundo.es> [Consulta: diciembre 14 2017].
- Anónimo: Mi país - Ciclonés Tropicales [en línea] enero 2006. Disponible en: <http://www.elmundo.es> [Consulta: octubre 13 2017]
- Anónimo: Cronología con importantes ciclones que han afectado a Cuba – Sociedad Meteorológica de Cuba [en línea] mayo 2000, Disponible en: <http://www.institutodemeteorología.cu> [Consulta: octubre 15 2017].
- Askeland, D.: Ciencia e Ingeniería de los Materiales, edit. Thomson Ed. Coruña, 1ª ed., pp. 115-123, 2000.
- Casillas, A. : Máquinas. Cálculo de Taller, ed. Máquinas, Ed. Revolucionaria. 642p. 1989.
- Castro, R: "Discurso pronunciado en la clausura del IX congreso de la Unión de Jóvenes Comunistas", Granma, 2da. Ed., 2 (125): 2. La Habana, ISSN 0864-0424, 4 de abril de 2010.

Don Bosco.; Curso básico de matricería [en línea] marzo 2014, Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado> [Consulta: junio 16 2016].

Ferreira, L.; Diseño de una matriz progresiva para chapas [en línea] mayo 2011, Disponible en: <http://docplayer.es/4583041-Diseño-de-una-matriz-progresiva-para-chapa.html> [Consulta: julio 2017]

Gost 21424-75. Sobre la construcción de los copling elásticos de pasadores.
Gost 24071-80 sobre las uniones mecánicas por chavetas.

Nave, C.; Propiedades elásticas de volúmenes [en línea] mayo 2010, Disponible en: 2 [Consulta: junio 2016]

Pernot, M. : Sireix, C. ; Adamski, F. : Première étude archéométrique des vestiges de l'atelier gallo-romain de production de grands bronzes, ed. A. Bain, J. Chabot & M. Mousette, Ed. BAR International Series., pp. 119-127, 2007.

Rubiera, J: Los ciclones tropicales en Cuba [en línea] abril 2006, Disponible en: https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclones_Tropicales_en_Cuba&oldid=2949697 [Consulta: enero 18 2018].

Rubiera, J: Categoría de los huracanes que han afectado a Cuba [en línea] abril 2016, Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Categoría:Huracanes_en_Cuba&oldid=65739723 [Categorías](#) [Consulta: noviembre 12 2017].

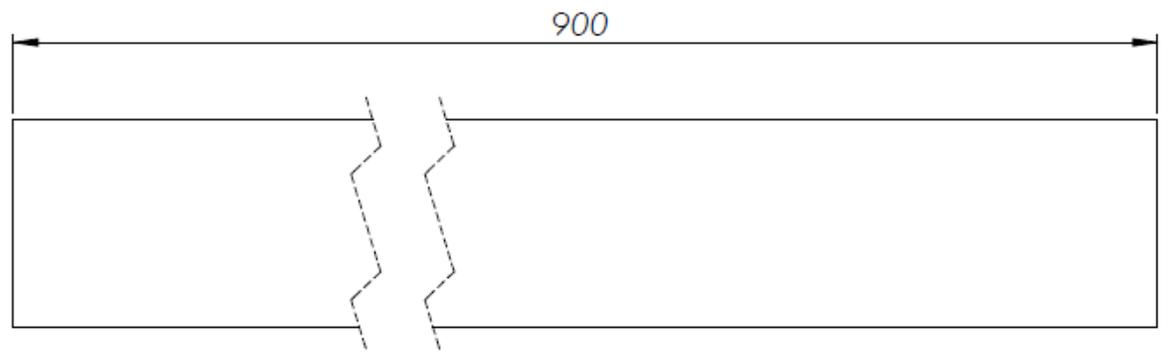
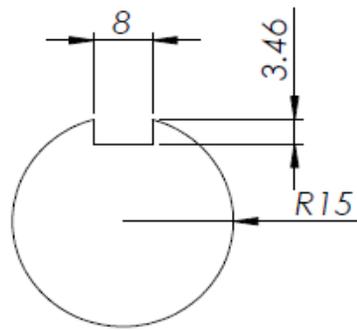
Rubiera, J: Sobre los Ciclones Tropicales [en línea] abril 2005, Disponible en: <http://www.institutodemeteorología.cu> [Consulta: octubre 12 2017]

Salazar, B.; Procesos de conformado [en línea] abril 2016, Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado> [Consulta: junio 16 2016].

- Vila, C.; Pastor, F.; Gracia, M.; Bruscas, Serrano, J.: *Tecnología Mecánica: Metrología y procesos de conformado de metales sin arranque de viruta*, edit. Publicaciones Universidad Jaime, pp. 215-324, Ed. Castellón, España, 2014.-
- ANDERSON, J.: *Materiales de la política económica y social del partido y la Revolución*, 2011, Ed. Graw- Hill 79-84, 1998.
- ANONIMO: *Cronología con importantes ciclones que han afectado a Cuba – Sociedad Meteorológica de Cuba [en línea] Disponible en: <http://www.institutodemeteorología.cu> [Consulta].2000*
- : *Ciclones tropicales en Cuba [en línea] mayo 2007, , [en línea] Disponible en: [https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclones Tropicales en Cuba&oldid=2949697](https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclones_Tropicales_en_Cuba&oldid=2949697) [Consulta].2018*
- ANÓNIMO: *Ciclón tropical [en línea] Disponible en: [https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclones Tropicales en Cuba&oldid=2949697](https://www.ecured.cu/index.php?title=Ciclones_Tropicales_en_Cuba&oldid=2949697) [Consulta].2006*
- ANONIMO.: "Lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución": 2011.
- ASKELAND, D.: *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Ed., 115-123, Thomson, 2000.
- CATRO, R.: *Discurso pronunciado en la clausura del IX congreso de la Unión de Jóvenes Comunistas*, Ed., 2010.
- DON, B.: *Curso básico de matricería [en línea] Disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado> [Consulta].2010*
- FERREIRA, L.: *Diseño de una matriz progresiva para chapas [en línea] Disponible en: <http://docplayer.es/4583041-Diseño-de-una-matriz-progresiva-para-chapa.html> [Consulta].2011*
- NAVE, C.: *Propiedades elásticas de volúmenes, [en línea] Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/permot3.html/> [Consulta].2010*
- PERNOT, M.; C. SIRIEX; F. ADAMSKI. *Première étude archéométrique des vestiges de l'atelier gallo-romain de production de grands bronzes*, Ed., 119-127, 2007.
- RUBIERA, J.: *Sobre los Ciclones Tropicales*, Ed. <http://www.institutodemeteorología.cu>, 2005.
- . *Categoría de los huracanes que han afectado a Cuba*, Ed. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Categoría:Huracanes_en_Cuba&oldid=65739723 2016.
- SALAZAR, B.: "Procesos de conformado", (<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado>): 2016.

VILA, C.; F. PASTOR; M. GRACIA; J. SERRANO. *Tecnología Mecánica: Metrología y procesos de conformado de metales sin arranque de viruta*, Ed. Publicaciones Universidad Jaime, 215-324, España, 2014.

Anexos



		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	TITLE: <i>Eje</i>				
			DRAWN							
			CHECKED							
			ENG APPR.							
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:								
		MATERIAL								
		FINISH								
NEXT ASSY	USED ON					SIZE A	DWG. NO. <i>Eje</i>	REV		
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:10	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1		

