

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO DE UN SISTEMA PARA VENTILACIÓN CON CONTROL  
AUTOMÁTICO EN BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS  
BALANCEADOS**

**AUTOR:  
VICTOR ENRIQUE CANDO VEINTIMILLA**

**DIRECTOR:  
SALVATORE REINA**

**Quito, Mayo 2015**

## **CERTIFICADO**

Certifico que bajo mi supervisión el presente proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico fue desarrollado por el Señor VÍCTOR ENRIQUE CANDO VEINTIMILLA.

Los conceptos, análisis, cálculos realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

-----  
Atentamente:

Ing. Salvatore Reina, Msc..

DIRECTOR DE TESIS

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Víctor Enrique Cando Veintimilla autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del mi persona

-----  
Víctor Enrique Cando Veintimilla

CC: 1715474951

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de tesis es dedicada en primer lugar al ser que ha velado por mi todos los días de mi vida, y ha permitido que cumpla uno de mis anhelos DIOS. V.E.C.T. y O.M.V.C. quienes con sacrificio y constancia, supieron guiarme con sus ideales, a su memoria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana a la facultad de ingeniería mecánica que deposito su confianza y formación técnica científica, para el servicio del sector industrial y del país.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN .....	2
1.1 Funciones de la ventilación.....	2
1.2 Normas técnicas para instalaciones de ventilación .....	2
1.3 Lineamientos de diseño para sistemas de ventilación mecánica .....	3
1.4 Sistemas de ventilación natural.....	3
1.5 Ventilación mecánica.....	4
1.5.1 Ventilación ambiental o general .....	4
1.5.2 Ventilación por inyección de aire .....	5
1.5.3 Ventilación por extracción de aire .....	6
1.5.4 Combinación de inyección y extracción .....	6
1.6 Ventilación localizada.....	7
1.7 Ventiladores. ....	8
1.7.1 Ventiladores axiales .....	9
1.7.2 Ventiladores centrífugos .....	9
1.8 Parámetros para la Selección de un ventilador .....	10
1.9 Ruido en las instalaciones de ventilación. ....	11
1.10 Velocidad del aire .....	12
1.11 Presiones en un ventilador .....	13
1.12 Técnicas de sellado .....	19
1.13 Fijación de conductos metálicos .....	21
1.14 Mejoramiento del medio ambiente de trabajo .....	22
1.15 Confort ambiental .....	23
1.16 Alimentos balanceados .....	23
1.2 Almacenamiento de producto terminado .....	25
CAPÍTULO II .....	27
BALANCE DE CARGA TÉRMICA Y CÁLCULO DE VENTILACIÓN .....	27
2.1 Características constructivas de la bodega.....	27
2.2 Cargas térmicas en la bodega.....	28
2.3 Ganancia de calor por personas .....	34
2.4 Ganancia de calor por iluminación .....	35

2.5	Ganancia de calor por motores eléctricos .....	35
2.6	Total ganancia de cargas térmicas .....	38
2.7	Cálculo de ventilación mediante cargas térmicas .....	38
2.8	Ventilación basada en áreas y renovaciones de aire .....	39
CAPÍTULO III .....		41
DISEÑO, SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MODELO MATEMÁTICO .....		41
3.1	Diseño de forma .....	41
3.2	Ubicación de ventiladores de suministro y extracción .....	41
3.3	Caída de presión .....	46
3.4	Determinación de flujos .....	46
3.5	Rugosidad relativa .....	47
3.6	Pérdida de presión total para extracción .....	49
3.7	Modelo matemático .....	50
3.7.1	Método matemático para el sistema de ventilación .....	50
3.8	Modelos CFD (Dinámica de Fluidos computacional) .....	54
3.9	Simulación del sistema de ventilación .....	54
3.9.1	Flujos de ventilación a través de aperturas en particiones horizontales .....	55
3.9.2	Simulación del movimiento de aire .....	55
3.10	Control automático .....	57
CAPÍTULO IV .....		62
COSTOS DEL PROYECTO .....		62
4.1	Costos directos .....	62
4.2	Costos indirectos .....	65
4.3	Costos totales .....	65
CONCLUSIONES .....		66
RECOMENDACIONES .....		67
LISTA DE REFERENCIAS .....		68
ANEXOS .....		69
PLANOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN .....		83

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1: Ventilación natural.....	4
Gráfico 1.2: Ventilación por inyección de aire .....	5
Gráfico 1.3: Ventilación por extracción de aire .....	6
Gráfico 1.4: Ventilación por extracción de aire .....	7
Gráfico 1.5: Ventilación localizada.....	7
Gráfico 1.6: Ventiladores axiales .....	9
Gráfico 1.7: Ventilador centrífugo .....	10
Gráfico 1.8: Curva característica de un ventilador.....	11
Gráfico 1.9: Ruido en instalaciones .....	12
Gráfico 1.10: Presiones y rendimientos de ventiladores .....	14
Gráfico 1.11: Presión estática a la salida del ventilador .....	15
Gráfico 1.12: conducto rectangular .....	16
Gráfico 1.13: conducto circular.....	17
Gráfico 1.14: conducto oval .....	17
Gráfico 1.15: Conducto de fibra de vidrio .....	18
Gráfico 1.16: Conductos flexibles.....	18
Gráfico 1.17: Pliegue Pittsburgh y pliegue levantado.....	19
Gráfico 1.18: Unión marco pestaña S .....	20
Gráfico 1.19: Unión corredera .....	20
Gráfico 1.20: Elementos de fijación.....	21
Gráfico 1.21: Elementos para suspensión .....	22
Gráfico 1.22: Producto balanceado .....	24
Gráfico 1.23: Almacenamiento de producto .....	26
Gráfico 2.1: Bodega de almacenamiento.....	27
Gráfico 2.2: Carta psicrométrica.....	31
Gráfico 2.3: Resistencias térmicas de una pared compuesta.....	32
Gráfico 3.1: Diseño de forma del proyecto.....	41
Gráfico 3.2: Ubicación ventiladores de suministro.....	42
Gráfico 3.3: Ubicación ventiladores de extracción.....	42
Gráfico 3.4: Louvers.....	48

Gráfico 3. 5: Filtro de aire.....	49
Gráfico 3.6: Representación de los valores de tabla 3.1.....	53
Gráfico 3.7: Flujos de ventilación en Autodesk Simulation CFD.....	54
Gráfico 3.8: Flujos de ventilación en aperturas mediante CFD.....	55
Gráfico 3.9: Distribución de fluido en su interior mediante CFD.....	56
Gráfico 3.10: Modelo de plc CI590-CS31-HA.....	58
Gráfico 3.11: Guarda motores sobre contactores.....	59
Gráfico 3.12: Termostato digital MT 530.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Espesores de chapas metálicas .....	21
Tabla 1.2: Confort ambiental .....	23
Tabla 2.1: Dimensiones del almacén .....	28
Tabla 2.2: Ganancia de calor para paredes.....	33
Tabla 2.3: Ganancia de calor en compuertas metálicas .....	33
Tabla 2.4: Ganancia de calor en personas .....	35
Tabla 2.5: Factores de corrección por altura .....	36
Tabla 2.6: Factores de corrección por temperatura .....	36
Tabla 2.7: Áreas totales de paredes y techo .....	37
Tabla 2.8: Ganancia total de carga térmica.....	38
Tabla 2.9: Renovaciones de aire .....	39
Tabla 2.10: Resumen caudales para ventilación .....	40
Tabla 3.1: Velocidades recomendadas para ventilación (m/s).....	44
Tabla 3.2: Variaciones de temperaturas .....	53
Tabla 4.1: Costos de equipos .....	62
Tabla 4.2: Costos de materiales y accesorios.....	63
Tabla 4.3: Costos mano de obra.....	64
Tabla 4.4: Total costos directos .....	64
Tabla 4.5: Total costos indirectos .....	65
Tabla 4.6: Costos mano de obra.....	65

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Coeficientes de transferencia de calor para cubiertas .....	69
Anexo 2: Ganancia de calor para ocupantes .....	69
Anexo 3: Ganancia de calor por motores eléctricos.....	70
Anexo 4: Propiedades del aire a diferentes temperaturas .....	70
Anexo 5: Rugosidad de materiales.....	71
Anexo 6: Unidades y condiciones supuestas para las gráficas de fricción .....	71
Anexo 7: Diagrama de moody .....	72
Anexo 8: Tabla psicrometrica 2800 msnm .....	73
Anexo 9: Catálogo de motores trifásicos .....	74
Anexo 10: Curvas características de ventiladores axiales serie hxb .....	75
Anexo 11: Características ventiladores centrífugos doble aspiración da 15/15.....	76
Anexo 12: Dimensiones de conductos, área de la sección, diámetro equivalente y tipo de conductos.....	77
Anexo 13: Coeficientes de pérdida en accesorios .....	78
Anexo 14: Ductulador .....	79
Anexo 15: Características de controlodar ak-hs-1000 .....	80
Anexo 16: Sensor de temperatura .....	81
Anexo 17: Esquema eléctrico para el control automático.....	82

## **RESUMEN**

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de un sistema de ventilación mecánica, debido al desarrollo de las empresas agro-industriales se construyen bodegas para almacenamientos. El diseño del sistema de ventilación permite mantener al producto terminado hasta ser distribuido, como requerimiento técnico la temperatura en el interior de la bodega debe ser entre 26 a 29°C, debiéndose controlar automáticamente la operación de motores que permiten el suministro y extracción de aire por la red de conductos.

La calidad y cantidad del aire es fundamental para el control de condiciones ambientales en el interior de un espacio cerrado, así como: temperatura, flujo de aire limpio, salud ambiental y confort de ocupantes. Previo a ello se analiza la opción de ventilación adecuada de igual forma el cálculo de equipos y conductos metálicos según normas ASHARE y SMACNA

Se plantea la ubicación de un sistema de control automático con la finalidad de que los equipos de ventilación no funcionen permanentemente, sino cuando las condiciones lo ameriten; la implementación de este sistema se traduce en un ahorro de energía eléctrica y en una reducción casi al mínimo de la intervención humana ya que el sistema de ventilación se vuelve inteligente.

El diseño del sistema se realizó en base a tablas de acondicionamientos de áreas, y cálculos de ventilación, además apoyados en programas de diseño y simulación como: Autocad e inventor, permitiendo elaborar planos del sistema.

## **ABSTRACT**

This project to design a system of mechanical ventilation; due to the development of the companies agro-industrials are built cellars for storage. The design of the ventilation system allows you to keep the finished product to be distributed, as technical requirement the temperature inside should be between 26 to 29° C, and should be automatically control the operation of engines that allow the supply and extraction of air network of conduits.

The quality and quantity of the air is fundamental for the control of environmental conditions inside a closed space, as well as: temperature, clean airflow, environmental health and occupant's comfort. Before to it there analyze the ventilation option adapted of the same form the calculation of teams and metallic conduits for ASHARE y SMACNA

There appears the place of a system of automatic control for the purpose of which the teams of ventilation don't work permanently, but when the conditions deserve it; the implementation of this system is translated in a saving of electric power and in a reduction almost to the minimum of the human intervention since the ventilation system becomes intelligent.

The design of the system was realized based on stage of conditionings of areas, and calculations of ventilation, also rested on programs of design and simulation like: Autocad and inventor, allowing to prepare planes of the system.

## GLOSARIO

**CFM:** Es la unidad de aire utilizada en los ventiladores que significa pies cúbicos por minuto. Un CFM equivale a una transmisión de aire de 28,31 litros por minuto.

**Helicocentrífugos:** Forma de ventiladores capaces de ingresar aire de forma axial y expulsar igual que en los centrífugos

**Decibel:** Unidad de medida del nivel o intensidad de sonido, la escala audible va desde 0 (la presión atmosférica) a 120db, lo máximo de que soportan el oído humano.

**Insuflando:** Introducir en un órgano o en una cavidad un gas, un líquido o una sustancia pulverizada.

**Hertz:** Unidad de frecuencia del sistema internacional, de símbolo Hz, equivale a la frecuencia de un fenómeno periódico cuyo período es 1 segundo.

## INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos balanceados se relaciona con la nutrición que producen proteínicos para el consumo, el trabajo de tesis presenta el diseño de un sistema de ventilación para el almacenamiento de productos terminados balanceados.

Las construcciones civiles no cuentan con diseños de ventilaciones, para suplir las necesidades, el sistema a diseñarse se basa en la ventilación mecánica de aire, de acuerdo a regulaciones ambientales y laborales, entre los parámetros de diseño se tienen las condiciones de temperatura y ambiente.

Es necesario calcular las cargas térmicas dentro de la edificación, a partir de los mismos se podrán conocer la cantidad de cfm (pies cúbicos por minuto) necesarios para seleccionar los componentes de ventilación como: extractores, louvers y filtros, con una guía de manuales especializados en el área de acuerdo a necesidades y parámetros requeridos.

Un adecuado almacenaje es indispensable, por lo que se diseñara un sistema para ventilación de forma mecánica y con control automático que permita la renovación constante del flujo de aire con ayuda de ventiladores, con este sistema se logrará renovar el aire saturado en su interior y mantener una temperatura entre 26 a 29°C, con dicho proceso permite variar temperaturas entre 2 y 3 °C, para un área de 360 m<sup>2</sup>.

Además se simulará el sistema térmico de ventilación mediante modelos matemáticos y con ayuda de un software. CFD, Dinámica de fluidos computacional se visualizará la distribución de temperaturas del sistema.

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN**

El presente capítulo hace referencia a la norma técnica para las instalaciones, la ventilación en sus diferentes formas para el almacenamiento de productos terminados, se analizan conceptos de transferencia de calor y termodinámica para la selección de equipos, así como sistemas de conducción de aire y sus anclajes.

### **1.1 Funciones de la ventilación**

La ventilación es un proceso que permite suministrar o retirar aire de un espacio con la finalidad de controlar niveles de contaminación, humedad o temperatura, mejora condiciones de confort a ocupantes y mantiene la calidad del producto terminado. El aire está compuesto por muchos componentes diferentes, los principales son: nitrógeno, oxígeno e hidrógeno.

La calidad de aire se lo expresa mediante concentraciones o intensidad de contaminantes, la apariencia física como: dióxido de azufre, partículas de polvo y suciedad son indicadores de calidad del aire.

### **1.2 Normas técnicas para instalaciones de ventilación**

En el Ecuador, el instituto normalizador INEN, no registra relación referente al diseño de ventilación para el almacenamiento de productos balanceados. Sin embargo debido a las construcción, diseño y operación de sistemas de ventilación mecánica para edificaciones no residenciales y almacenes según norma UNE-EN-13779/2007 aceptada por la “American Society of Heating and Refrigeration and Air Conditioning Engineers” (ASHRAE) y “Sheet Metal and Air Conditioner

Contractors National Association” (SMACNA), las exigencias técnicas incluidas en normas de otros países, no deben ser menores a las exigencias de esta norma.

### **1.3 Lineamientos de diseño para sistemas de ventilación mecánica**

Las construcciones para almacenamiento dispondrán de medios para que sus ambientes se puedan ventilar adecuadamente eliminando contaminantes que se produzcan de forma habitual, durante el uso normal de la bodega, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y garantice la extracción y expulsión del aire viciado.

- los sistemas de ventilación mecánica deberán estar diseñados de tal manera que el aire circule por todo el ambiente.
- Cuando se reduzca el suministro de aire mientras el ambiente este ocupado se debe disponer un sistema de ventilación que garantice la adecuada calidad de aire interior.
- Las tomas de aire deben evitar contaminantes de fuentes como: torres de enfriamiento, ventilaciones sanitarias, escapes de vehículos en garajes de estacionamientos, muelles de carga y tráfico de calles.
- El sistema de ventilación mecánica debe colocarse sobre una estructura de soporte de manera estable, utilizando anclajes y elementos anti vibratorios.
- Si la velocidad de ingreso del aire exterior, excede de 3 m/s, el borde superior de la toma de aire estará como mínimo a 2,40 m. sobre el nivel del piso inferior

### **1.4 Sistemas de ventilación natural**

La ventilación natural es un mecanismo utilizado en climas cálidos para eliminar el exceso de calor de los espacios internos, esto comúnmente se consigue mediante aperturas en muros externos que contribuyen a la formación de corrientes de aire cruzado.

La ventilación sin embargo debe realizarse de una manera controlada para que la pérdida de calor sea admisible con la sensación de confort, según se muestra gráfico 1.1.

**Gráfico 1.1:** Ventilación natural



**Fuente:** Pina, 2007 p. 109

Las juntas de las aberturas de muros para ventilación deben ser tratadas para evitar las infiltraciones de aire saturado

## **1.5 Ventilación mecánica**

También llamada ventilación dinámica, es la que se consigue con el movimiento del aire gracias a ventiladores accionados por un motor, según la forma en que se renueve el aire a su vez se subdivide en:

- Ventilación ambiental o general
- Ventilación localizada

### **1.5.1 Ventilación ambiental o general**

El aire que ingresa a un espacio confinado se propaga por todo el interior antes de alcanzar la salida, este tipo de ventilación tiene el inconveniente que al existir un foco contaminante, como es el caso de cubas industriales con desprendimiento de

gases y vapores se esparce por todo el local antes de ser captado hacia la salida, este tipo de ventilación mecánica a la vez se subdivide en:

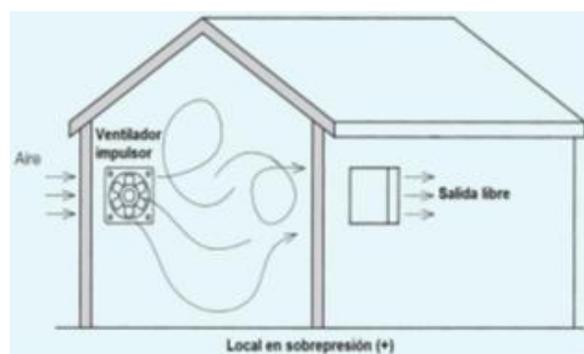
- Ventilación por inyección de aire (sobrepresión).
- Ventilación por extracción de aire (depresión).
- Combinación de inyección y extracción.

### 1.5.2 Ventilación por inyección de aire

Se obtiene insuflando aire para incrementar la presión interna de tal manera que esta sea mayor a la presión atmosférica, por consiguiente el aire fluye hacia el exterior por las aperturas, a su paso el aire barre los contaminantes internos y deja lleno de aire.

Las ventajas de la ventilación por inyección son tales que el aire fresco se introduce en el espacio ocupado de manera positiva por medio de ventiladores, y puede mantener un control sobre su distribución, volumen y velocidad, el aire entrante puede también ser depurado y calentado cuando sea necesario, según se muestra en el gráfico 1.2.

**Gráfico 1.2:** Ventilación por inyección de aire



**Fuente:** Cano, 2007, p. 109

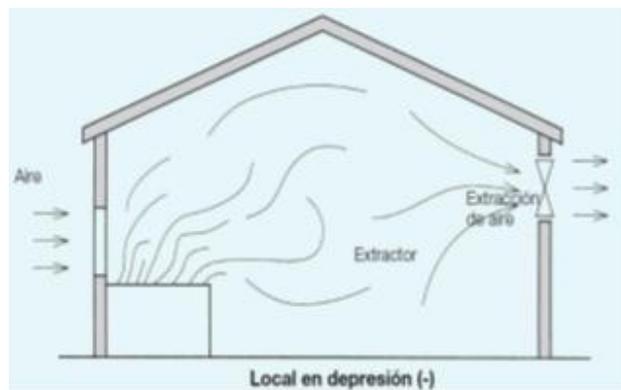
Con un sistema de inyección de aire puede realizarse de manera más conveniente el proceso de recirculación durante la época invernal. Otra ventaja es que la presión del

aire interna es aumentada ligeramente, la cual tiende a evitar la entrada de aire en lugares no convenientes previniendo aspiraciones

### 1.5.3 Ventilación por extracción de aire

Se logra colocando ventiladores al exterior del local, lo que provoca que quede en depresión respecto de la presión atmosférica. El aire accede desde fuera por la apertura efectuando una ventilación de iguales efectos que la anterior, el método de extracción de aire es el más empleado, según se puede evidenciar en el gráfico 1.3.

**Gráfico 1.3:** Ventilación por extracción de aire

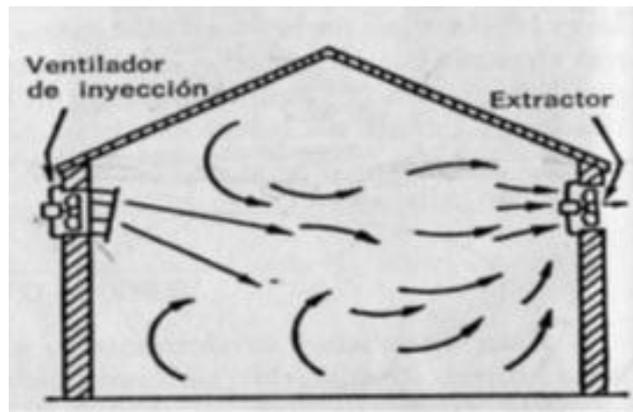


**Fuente:** Cano Pina, 2007, p. 17

### 1.5.4 Combinación de inyección y extracción

Un completo control de ventilación se logra usando a la vez ventiladores de aspiración e inyección, el aire puede introducirse en el lugar preciso y su distribución vendrá determinada por un flujo entre las aperturas de alimentación y las de expulsión, se muestra gráfica 1.4.

**Gráfico 1.4:** Ventilación por extracción de aire



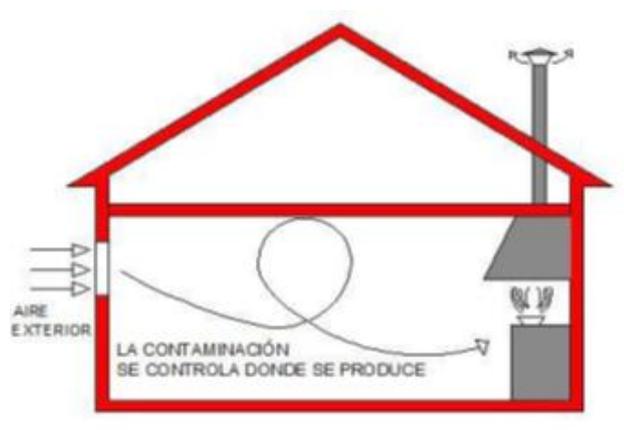
**Fuente:** Peragallo, 1992, p. 45

Esto mantiene el aire a una presión superior a la ambiental exterior y así reduce la posibilidad de infiltración de polvo y otras poluciones arrastradas,

### 1.6 Ventilación localizada

En esta forma de ventilación el aire contaminado es captado en el mismo lugar que se produce evitando su difusión por todo el local, se logra a base de una campana que abrace lo más estrechamente posible el foco de polución y que conduzca directamente al exterior el aire captado, según gráfico 1.5.

**Gráfico 1.5:** Ventilación localizada



**Fuente:** Soler & Palau 2016, p. 15

La ventilación sin tratamiento de aire se lo aplica particularmente en edificios industriales, especialmente en aquellos donde los procesos no requieren control de humedad ni eliminación de polvo, de tal manera que se logre reemplazar el aire contaminado y sobrecalentado, por aire fresco.

- **Ventilación basada en incrementos de calor.**

En lugares donde la reducción de temperatura es el factor principal a considerar (climas calurosos), es indispensable la ventilación tomando como base la cantidad de calor a eliminar, es necesario tener en cuenta incrementos de calor provenientes de fuentes como:

- El calor del cuerpo producido por los ocupantes.
- Aparatos eléctricos, otras máquinas y procesos exotérmicos.
- Rayos solares transmitidos a través de paredes y techo.

La forma más económica de eliminar el aire viciado de un local es por medio de la ventilación mecánica, ya sea por ventilación, extracción o combinación, esta forma de acondicionamiento es usada donde la temperatura y humedad del aire no son parámetros a controlar.

## **1.7 Ventiladores.**

Los ventiladores son máquinas rotatorias capaces de mover un determinado caudal de aire, proveen presión suficiente para vencer pérdidas de carga que se producirán en la circulación por conductos. Un ventilador puede elevar la presión hasta aproximadamente 1.5 psi, más allá de ésta presión hasta 10 psi se denominan sopladores y a mayores presiones compresores, los ventiladores se dividen en dos grandes grupos:

- Ventiladores axiales
- ventiladores centrífugos

### 1.7.1 Ventiladores axiales

“En los ventiladores axiales el movimiento del flujo a través del rotor con álabes o palas de distintas formas se realiza conservando la dirección del eje, se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos, la resistencia al flujo es baja, se requiere generar una presión estática pequeña, del orden de los 5 a 100 milímetros de columna de agua (0.007-0.15 psi)” (Soler & Palau, 2010, p. 15).

La principal aplicación de los ventiladores axiales se encuentra en el campo de la ventilación general y se los conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire se según se muestra en el gráfico 1.6

**Gráfico 1.6:** Ventiladores axiales



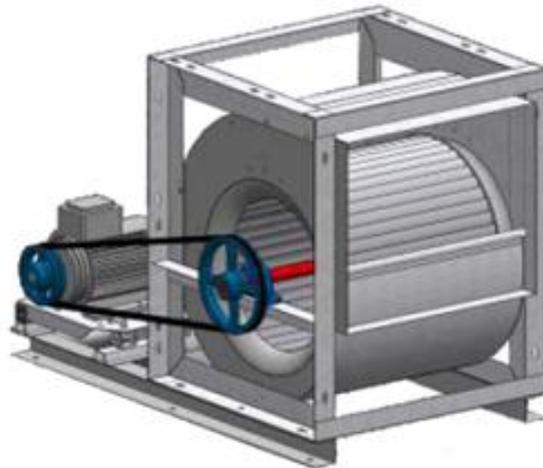
**Fuente:** Soler & Palau 2016, p. 35

### 1.7.2 Ventiladores centrífugos

En estos ventiladores el aire ingresa en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir, que el aire cambia de dirección noventa grados (90°).

Este tipo de ventiladores desarrolla presiones mucho mayores que los ventiladores axiales, alcanzando presiones de hasta 1000 milímetros de columna de agua (1.43 psi) y son empleados, mayormente en los sistemas de ventilación localizada. (Soler & Palau, 2010, p. 45), están constituidos por un rotor que posee una serie de paletas o álabes, de diversas formas y curvaturas, que giran aproximadamente entre 200 y 3600 RPM dentro de una caja o envoltura, según se puede ver en el gráfico 1.7.

**Gráfico 1.7:** Ventilador centrífugo



**Fuente:** Soler & Palau 2016, p. 25

## **1.8 Parámetros para la Selección de un ventilador**

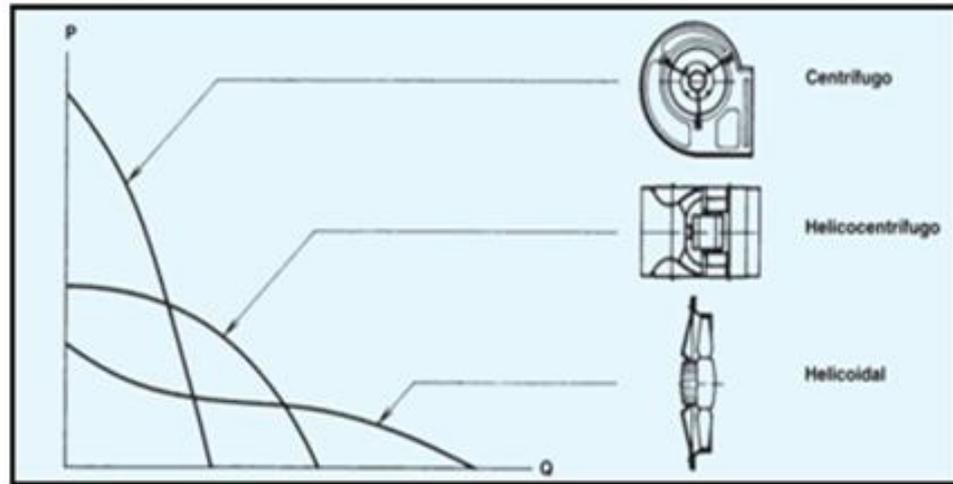
Para la selección de un ventilador se debe considerar los siguientes parámetros:

- Curva característica del fabricante
- Punto de trabajo, caudal CFM de aire requeridos y la caída de presión que tiene que vencer el ventilador.
- **Curva característica de un ventilador**

Se representan curvas características de los tipos de ventiladores, para poder comprender su comportamiento. Los ventiladores que se comparan tienen el mismo diámetro de rodete. Se puede ver que a igualdad caudal impulsado ( $Q$ ), los ventiladores centrífugos dan más presión que los helicoidales, también se observa

que, los centrífugos mueven caudales menores que los helicocentrífugos, según evidencia en el gráfico 1.8

**Gráfico 1.8:** Curva característica de un ventilador



**Fuente:** Cano Pina, 2007, p. 26

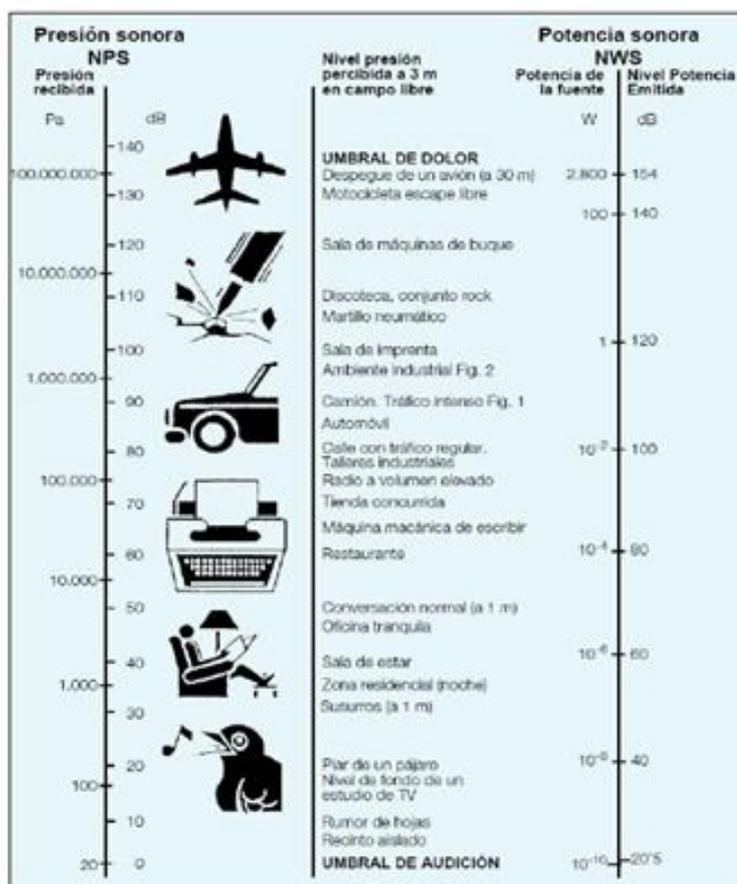
Cuando se precisa que los caudales sean grandes y las presiones que deban vencer sean pequeñas los ventiladores más adecuados son los helicoidales, sin embargo los indicados para mover caudales pequeños pero a elevada presión son los centrífugos.

### 1.9 Ruido en las instalaciones de ventilación.

Como cualquier máquina en movimiento un ventilador genera algún ruido, de igual manera una velocidad de aire excesiva se percibe un sonido cuando la presión en las proximidades del oído fluctúa alrededor del valor medio, en frecuencias comprendidas entre 20 y 20000 Hz.

Las fluctuaciones no necesitan ser grandes, si alcanzan una milésima de la presión atmosférica (134dB) el sonido provocará dolor y causará heridas si se mantiene durante un cierto tiempo (Chadderton, 2000, p. 34), obsérvese el gráfico 1.9

**Gráfico 1.9:** Ruido en instalaciones



Fuente: Cano Pina, 2007, p. 96

En el otro extremo de la escala un oído fino, a la frecuencia que es más sensible puede detectar una fluctuación de sólo una diezmillonésima de atmósfera (6dB por debajo del límite).

### 1.10 Velocidad del aire

Cuando el aire atraviesa una determinada sección del conducto no pasa con la misma velocidad, normalmente es máxima en el centro y distribuye a medida que se acerca a las paredes del conducto.

Para realizar los cálculos se toma como valor medio la velocidad de la sección y se mide en metros/segundo. A la velocidad del aire se la puede dividir en: baja

velocidad y alta velocidad, entre 10 m/s y 12 m/s será de baja velocidad, por encima de esta cantidad se considera alta velocidad.

- **Clasificación de la presión**

Las presiones se clasifican en: baja, media y alta, corresponde a la misma que utilizan los ventiladores, en la forma:

- Baja, hasta 90 mm.c.a.
- Media, desde 90 mm.c.a. hasta 180 mm.c.a.
- Alta, desde 180 mm.c.a. hasta 300 mm.c.a.

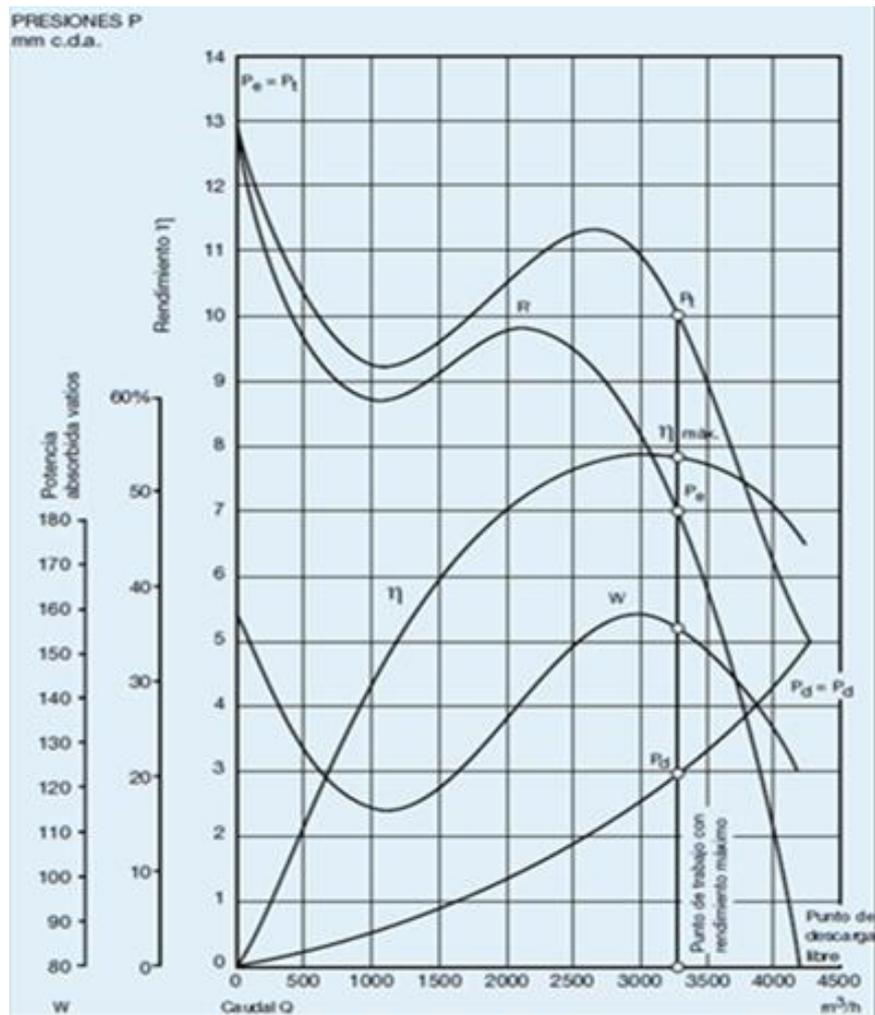
### **1.11 Presiones en un ventilador**

Tres son las presiones relacionadas del ventilador para distintos caudales, que son las denominadas presión total  $P_t$ , presión dinámica  $P_d$ . y presión estática  $P_e$

Cuando el ventilador se encuentra retenido da el mínimo caudal, la presión dinámica ( $P_d$ ) es nula, en este punto, la presión total es igual a la estática ( $P_t = P_e$ ). Otra curva que se visualiza es la curva de potencia absorbida ( $W$ ) se encuentra en la escala vertical situada a la izquierda (en watt).

Esta curva da la potencia que consume el motor que acciona el ventilador. Se representada la curva de rendimiento ( $\eta$ ) que se lee en % en la escala vertical intermedia, se puede ver que el rendimiento del ventilador depende del caudal. El punto R se conoce como punto de desprendimientos, la zona izquierda da el funcionamiento inestable, como se muestra el gráfico 1.10.

**Gráfico 1.10:** Presiones y rendimientos de ventiladores



**Fuente:** Cano Pina, 2007, p. 136

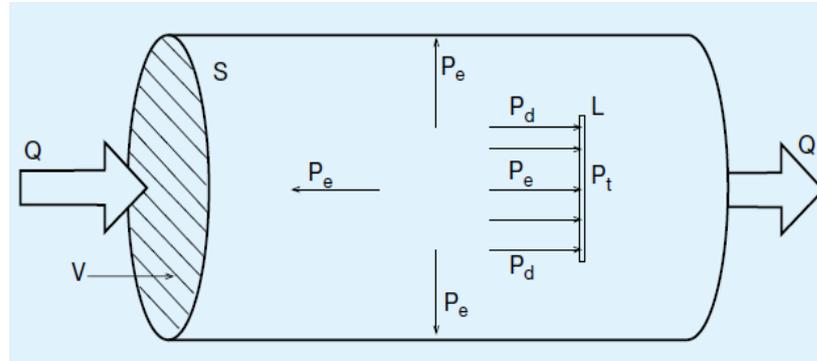
A libres descargas, cuando la presión estática ( $P_e$ ) es nula, el ventilador da el máximo caudal que puede mover; en este punto la presión total es igual a la dinámica ( $P_t = P_d$ ).

- **Presión estática ( $P_e$ )**

Es la presión que ejerce el aire sobre las paredes del conducto, la presión estática es positiva en los conductos de impulsión y negativa en los conductos de aspiración, cuando el aire sale del ventilador la presión estática es máxima y se reduce en

función del rozamiento, esta pérdida de presión o rozamiento se la mide en mm.c.a.,Pa. se muestra gráfico 1.11

**Gráfico 1.11:** Presión estática a la salida del ventilador



**Fuente:** Carrier , 2009 p. 46

La presión dinámica es consecuencia de la velocidad del aire y siempre es positiva.

- **Conductos para aire**

La misión de un sistema de conductos es transportar el aire desde su interior a exterior o viceversa, usualmente se los fabrica en acero galvanizado, pueden ser de sección circular o rectangular.

No se registra norma según INEN para regular características que deben cumplir los conductos de distribución de aire, sin embargo existen normativas internacionales que regulan características técnicas en la construcción de sistemas de ventilación como:

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeración and Air Conditioning Engineers)

AMCA (Air Movement and Control Asociación)

SMACNA (Sheel Metal of Air Conditioning Contractor's National Association).

- **Clasificación de conductos**

Se clasifican a los conductos de acuerdo a su material, forma, y función.

- **Según su material**

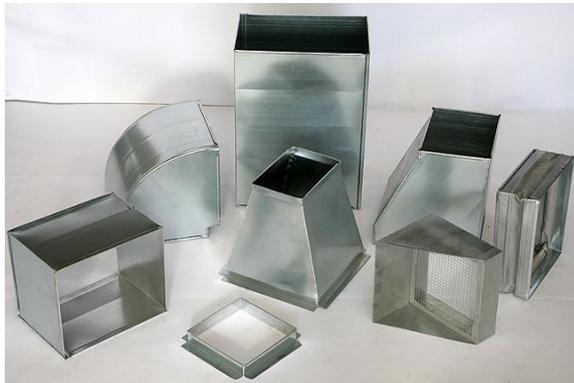
Realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable), se cortan y conforman dando al conducto geometría necesaria.

- **Según su forma**

- **Conducto rectangular**

Los conductos rectangulares deben llevar un refuerzo, ya sea forma punta de diamante u ondulación transversal embutida en la chapa. se muestra gráfica 1.12

**Gráfico 1.12:** conducto rectangular



**Fuente:** [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

- **Conducto circular**

De fácil montaje y gran variedad en sus secciones, es el conducto ideal para evitar pérdidas de carga, el conducto circular se realiza en chapa de acero galvanizada, inoxidable o aluminio, se muestra gráfica 1.13

**Gráfico 1.13:** conducto circular



**Fuente:** [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

- **Conducto Oval**

El conducto oval, presenta ventajas sobre los rectangulares, debido a una menor pérdida de carga a sus esquinas redondeadas, se muestra gráfica 1.14

**Gráfico 1.14:** conducto oval

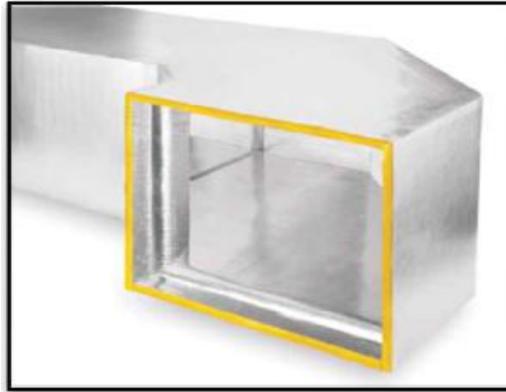


**Fuente:** [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

- **Conductos de lana de vidrio**

Son conductos realizados a partir de paneles de lana de vidrio de alta densidad aglomerada con resinas termo endurecido, el conducto se conforma a partir de planchas cortadas y dobladas para obtener la sección requerida, las planchas a partir de las cuales se fabrican los conductos se suministran con un doble revestimiento., como se muestra el gráfico 1.15

**Gráfico 1.15:** Conducto de fibra de vidrio



**Fuente:** Manual climaver, 2002, p.48

La cara con la que constituirá la superficie externa del conducto está recubierta por un complejo de aluminio reforzado que actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto.

- **Conductos flexibles**

Los conductos flexibles están formados por láminas de aluminio o PVC con un aislante de fibra intercalado, y una pared de acero templado interior que le permite mantener su sección circular. Debido a su elevada pérdida de carga y a problemas acústicos que pueden originar se utilizan para conexión entre el conducto principal de aire y unidades terminales (difusores y rejillas), se muestra gráfico 1.16.

**Gráfico 1.16:** Conductos flexibles



**Fuente:** Manual climaver, 2002, p.80

- **Según su función**
- Conducto principal
- Ramales
- Derivaciones a rejillas

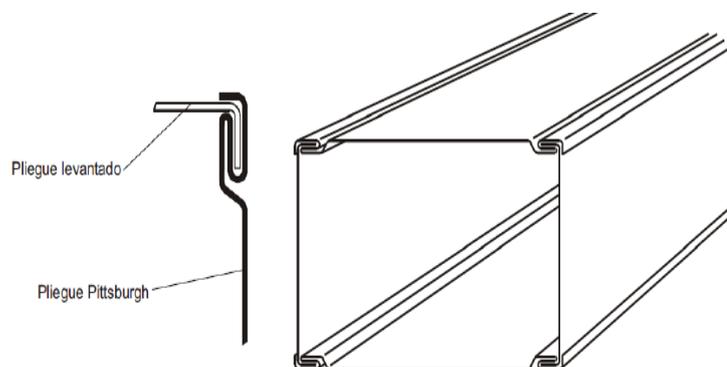
Los conductos circulares llevan aire a mayor velocidad, por lo que son de menores dimensiones, los rectangulares transportan el aire a menor velocidad, pero permiten una mayor adaptación en su fabricación, de tal forma que permiten pasar por aperturas, y salvar obstáculos.

### 1.12 Técnicas de sellado

El aire que se transporta en un conducto tienen que soportar cargas en su estructura, una impuesta por la presión y otra por la velocidad, la velocidad produce turbulencias ejerciendo una carga pulsante y variable en las paredes del conducto, cuando se diseña un conducto el sellado debe ser hermético, debido a que las cantidades de aire varían de acuerdo a la carga y presión, siendo necesario que estos sean sellados en todas sus juntas para prevenir fugas e infiltraciones de aire.

La unión longitudinal utilizada en todo tipo de conductos es el cierre PITTSBURGH, el mismo que garantiza hermeticidad como se muestra en la gráfica 1.17.

**Gráfico 1.17:** Pliegue Pittsburgh y pliegue levantado



**Fuente:** Fuente: [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

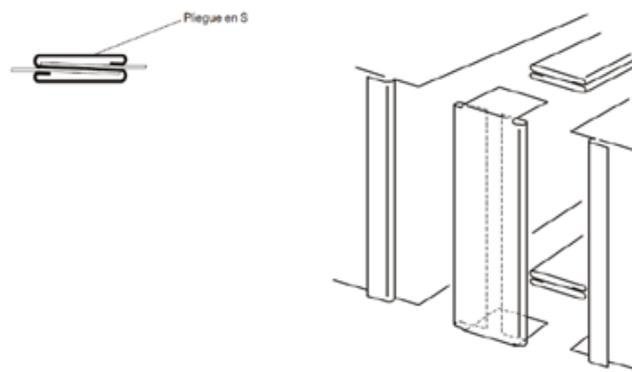
Para la unión transversal existen varias alternativas en función del tipo de conducto como son:

Sistema de unión marco-pestaña S (rectangular)

Sistema unión corredera (rectangular)

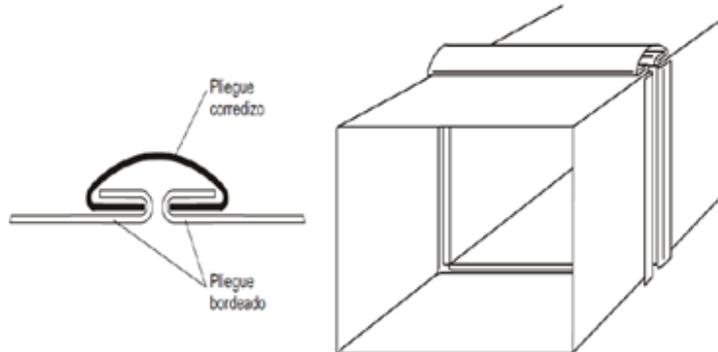
En los gráficos se pueden evidenciar algunos de los tipos de sellados que se utiliza en los conductos metálicos, se muestran gráficos 1.18 y 1.19

**Gráfico 1.18:** Unión marco pestaña S



Fuente: [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

**Gráfico 1.19:** Unión corredera



Fuente: Fuente: [www.ras-systems.com](http://www.ras-systems.com)

Debido a la gran variedad de tipos de fabricación y uniones transversales, longitudinales y refuerzos intermedios en la mayoría de construcciones y proyectos, solo se menciona que las especificaciones sean de acuerdo a la norma SMACNA o

ASHARE, estas normas contienen tablas donde establecen espesores a utilizar, se muestra la tabla 1.1.

**Tabla 1. 1:** espesores de chapas metálicas

Espesor de chapa metalica	Dimensión	Elaboración
1/40" (0.63 mm)	0 A 30"	uniones pittsburgh y conductos
1/32" (0.75 mm)	31" A 54"	uniones pittsburgh y conductos
1/25" (1.0 mm )	55" A 84"	conductos
1/20" (1.25 mm)	85" 0 MAS	conductos

Fuente: **Cano Pina, 2007, p. 12**

### 1.13 Fijación de conductos metálicos

Para la fijación de conductos metálicos de ventilación mecánica, se realizan mediante los siguientes elementos se muestra el gráfico 1.20.

**Gráfico 1.20:** Elementos de fijación



Fuente: **Fuente:** Manual climaver, 2002, p.70

- Varillas roscadas.
- Barras perforadas de apoyo: perfiles en forma de U, Omega.

En el gráfico 1.21 se puede evidenciar algunos de los tipos de suspensiones que se utiliza en los conductos metálicos.

**Gráfico 1.21:** Elementos para suspensión



Fuente: **Fuente:** Manual climaver, 2002, p.70

#### **1.14 Mejoramiento del medio ambiente de trabajo**

Los preceptos para la prevención de riesgos que describe el (Código de trabajo, 2005, p. 104) en el artículo 412, determina que es responsabilidad del departamento de Seguridad e Higiene del Trabajo el cumplimiento de los siguientes preceptos:

- Los locales de trabajo tendrán iluminación y ventilación suficientes, se conservaran en estado de constante limpieza y al abrigo de toda amenaza infecciosa.
- Se ejercerá control técnico de las condiciones de humedad y atmosféricas de las salas de trabajo.
- Se realizara la revisión periódica de las maquinas en los talleres, a fin de comprobar su buen funcionamiento.
- Que se provea a los trabajadores de mascarillas y más implementos defensivos, y se instalen, según dictamen del departamento de seguridad e higiene del trabajo, ventiladores, aspiradores u otros aparatos mecánicos propios para prevenir las enfermedades que pudieran ocasionar las emanaciones del polvo y otras impurezas susceptibles de ser aspiradas por los trabajadores, en proporción peligrosa, en las fábricas en donde se produzcan emanaciones.

### 1.15 Confort ambiental

Son condiciones en las cuales una persona está satisfecha de las situaciones climáticas de su entorno, la finalidad en las instalaciones de ventilación es crear un ambiente satisfactorio intervienen factores como: confort térmico, luminoso, acústico e higiénico, se han elaborado tablas que indican condiciones sugeridas para varios tipos de instalaciones de acondicionamiento.

Para el caso de bodegas de almacenamiento se aplica al confort industrial, en el rango de temperaturas entre 26 a 29°C, con variaciones de 2 a 3°C, se muestra la tabla 1.2.

**Tabla 1.2:** Confort ambiental

Tipo de aplicación	Temperatura [°C]	Humedad relativa [%]	Variación de temperatura [°C]
CONFORT GENERAL: chalet, Apartamento, hotel, oficina, colegio, hospital, etc.	25 - 26	50 - 45	1 a 2
TIENDAS COMERCIALES: banco, barbero y peluquería, grandes almacenes, supermercado, etc.	26 - 27	50 - 45	1 a 2
APLICACIONES DE BAJO FACTOR DE CALOR SENSIBLE: auditorio, iglesia, bar, restaurante, cocina, etc.	26 - 27	60 - 50	0,5 a 1
CONFORT INDUSTRIAL: secciones de montaje, salas de máquinas, etc.	26 - 29	60 - 50	2 a 3

**Fuente:** Cano Pina, 2007, p. 12

### 1.16 Alimentos balanceados

Los alimentos balanceados son elaborados generalmente para el consumo animal, de tal manera que cumplan con los requerimientos nutricionales, el objetivo de los alimentos balanceados es satisfacer los requerimientos nutricionales y alimenticios, además de asegurar la calidad y disponibilidad.

Los productos balanceados contienen 17% de base mojada contenido de humedad (BMCH) por cada kilogramo de producto, procesados de granos cereales y derivados como: soya, grasas, aceites, minerales y vitamínicos, debido a esto deben

estabilizarse entre 27 a 30°C, con una humedad relativa (HR) entre 50 al 60 % el presente proyecto toma como referencia cercanías de la ciudad Quito a 2800 metros sobre el nivel de la mar 10.37 psi, 71.45 kpa.

Las condiciones de almacenamiento para los alimentos balanceados, se describe en la resolución número 47 de la Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del agro agrocalidad del artículo 31, se muestra gráfica 1.22.

**Gráfico 1.22:** Producto balanceado



**Fuente:** Planta de almacenamiento pronaca

- **De las condiciones de almacenamiento de los alimentos en las explotaciones.**

- a. De la construcción.**

Los lugares destinados al almacenamiento de materias primas o alimento balanceado deberán estar ubicados en sitios secos, que faciliten el acceso para la limpieza y desinfección regular.

Para el almacenamiento de alimentos debe disponerse, de una bodega con piso de cemento y exclusiva para dicho uso.

Las ventanas deben estar protegidas para impedir la entrada de insectos y garantizar la ventilación.

## **b. De las bodegas y almacenes**

La bodega debe permanecer limpia, desinfectada y cerrada para evitar el acceso de animales o personas ajenas.

Debe estar sometida a un programa de control de plagas, especialmente roedores.

Los depósitos de almacenamiento de alimentos deberán mantenerse secos y libres de sustancias extrañas. Además deberán limpiarse y desinfectarse en el momento del vacío sanitario

## **c. De la organización**

Los alimentos destinados a diferentes usos deben estar separados y claramente identificados y rotulados. Para el caso de almacenamiento en sacos, deben apilarse sobre tarimas o pallets que permitan una distancia mínima entre 10 y 30 cm del piso y las paredes mantener una aireación adecuada, las mismas deben permanecer limpias y ordenadas, cerradas y protegidas para evitar el ingreso de plagas u otro tipo de animales, estas bodegas deben estar separadas del área donde se encuentran las aves.

## **1.2 Almacenamiento de producto terminado**

El tiempo de almacenamiento del producto terminado depende de la temperatura del lugar, siendo adecuada a menor temperatura, las mejores condiciones de almacenamiento se dan en sitios frescos, secos, donde asegure buena ventilación, protección solar y lluvias.

Un adecuado apilamiento de los sacos proporciona una máxima utilización del espacio, facilita la inspección del producto, y ventilación de los arrumes, se muestra el gráfico 1.23.

**Gráfico 1.23:** Almacenamiento de producto



**Fuente:** Planta de almacenamiento pronaca

Durante el almacenamiento pueden existir diversos procesos de deterioro como:

**Vida de anaquel:** Se define como el período entre la manufactura de un producto alimenticio y su distribución, durante el cual el mismo conserva una calidad satisfactoria

**Vida útil:** Tiempo durante el cual el producto envasado y almacenado no se percibe significativamente

## CAPÍTULO II

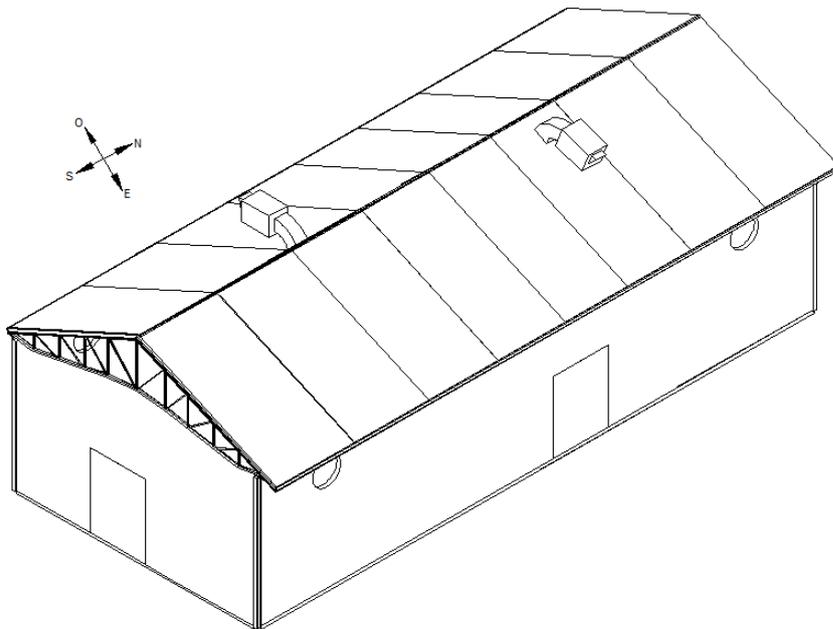
### BALANCE DE CARGA TÉRMICA Y CÁLCULO DE VENTILACIÓN

En el presente capítulo se revisan las fuentes de calor más comunes, se calculan ganancias de calor, de igual forma su ventilación en base a cargas térmicas, se estudian propiedades termodinámicas del aire en los procesos de ventilación.

#### 2.1 Características constructivas de la bodega

La construcción de la bodega estará compuesta por paredes de bloque de concreto, provista de mortero de cemento (enlucido) en su exterior e interior, para fines de cálculo de la carga térmica, se analizan paredes y materiales que la componen, en este caso las paredes están compuestas de los siguientes materiales: bloque de concreto 8 plg, de espesor, enlucido exterior e interior, además constara de 3 compuertas metálicas enrollables por donde se va a cargar y descargar el producto almacenado.

**Gráfico 2.1:** Bodega de almacenamiento



**Elaborado por:** Víctor Cando

En la tabla 2.1 se describen las medidas del almacén que se requieren para el diseño del sistema de ventilación.

**Tabla 2.1:** Dimensiones del almacén

Descripción	Cantidad
Longitud Norte 30 m	1
Longitud Sur 12 m	1
Altura 7 m	1
Puertas de acceso N,S,E 4m x 3 m	3

Elaborado por: Víctor Cando

## 2.2 Cargas térmicas en la bodega

Las cargas térmicas, tiene componentes definidos por: ganancias de calor envolturas (paredes y cubiertas), ganancias de calor internas (personas, luces, equipos, entre otros). El tiempo de retraso en la conversión de ganancia de cargas térmicas, está dado por la masa y calor, mientras mayor masa posee la estructura el tiempo de liberación de calor será relativamente mayor.

Se describen fórmulas para determinar propiedades del aire en función de sus ecuaciones.

Temperatura de bulbo seco T (°C)

Temperatura absoluta:

$$T = (°C + 273.15) (°K) \quad \text{Ec. (1)}$$

Presión de vapor

$$P_V = P_R \frac{W}{W+0,622} (\text{Pa}) \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

$P_R$  = Presión real (Pa)

$w$  = humedad específica ( $g_v$  agua/ $kg$  aire seco)

Presión de vapor a saturación

$$0g_{10pvs} = \frac{7,5 \times T}{237,3+T} + 2,7858 \quad \text{Ec. (3)}$$

Humedad relativa

$$HR = \frac{pv}{pvs} \times 100 \% \quad \text{Ec. (4)}$$

Ganancia de calor

$$Q_p = U \times A \times (\Delta t_{eq}) \left( \frac{Btu}{h} \right) \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$U$ : Coeficiente global de transferencia de calor  $\left( \frac{Btu}{h.ft^2.^\circ F} \right)$

$A$ : Área ( $m^2$ )

$\Delta t_{eq}$ : Diferencia equivalente de temperatura. ( $^\circ C$ )

Coeficiente de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{1/h_o} + \frac{1}{l_1/k_1} + \frac{1}{l_2/k_2} + \dots + \frac{1}{\frac{l_n}{k_n}} + \frac{1}{h_i} = \frac{1}{R_T} \left( \frac{h.ft^2.^\circ F}{Btu} \right) \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

$h_o$ : Coeficiente de convección exterior ( $Btu/h.Ft^2.^\circ F$ )

$k$ : Coeficiente de conductividad térmica ( $Btu/h.Ft.^\circ F$ )

$l_n$ : Espesor de cada material (mm,plg,m)

$h_i$ : Coeficiente convección interior ( $Btu/h.Ft^2.^\circ F$ )

$R_T$ : Suma de todas las resistencias  $\left( \frac{h.ft^2.^\circ F}{Btu} \right)$

Ventilación de acuerdo a carga térmica

$$Q_v = V (T_e - T_i) * 0,29 \text{ (CFM)} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$Q_v$  = Calor sensible debido a la ventilación (kcal/h)

Te = temperatura exterior (°C)

Ti = temperatura interior del local (°C)

V = caudal de ventilación (m<sup>3</sup>/h)

- **Carga de enfriamiento**

“La velocidad a la cual el calor es reducido de un espacio a fin de mantener condiciones deseadas de temperatura se le llama carga de enfriamiento, para disminuir la temperatura de un almacenamiento el calor cedido por las personas que trabajan en el espacio, motores, alumbrado y otros equipos que producen calor” (Dossat Roy, 2001, pág. 109).

- **Tonelada de refrigeración**

Es la equivalente que toma fundir 1 tonelada de hielo en 24 horas, una tonelada de hielo absorbe 288000 BTU (2000 lb \* 144 Btu/lb) en 24 horas, es decir representa la capacidad de enfriamiento de 12000 BTU por hora o 200 BTU por minuto.

$$TR = \frac{QT}{12000 \text{ Btu/h}} \quad \text{Ec. (8)}$$

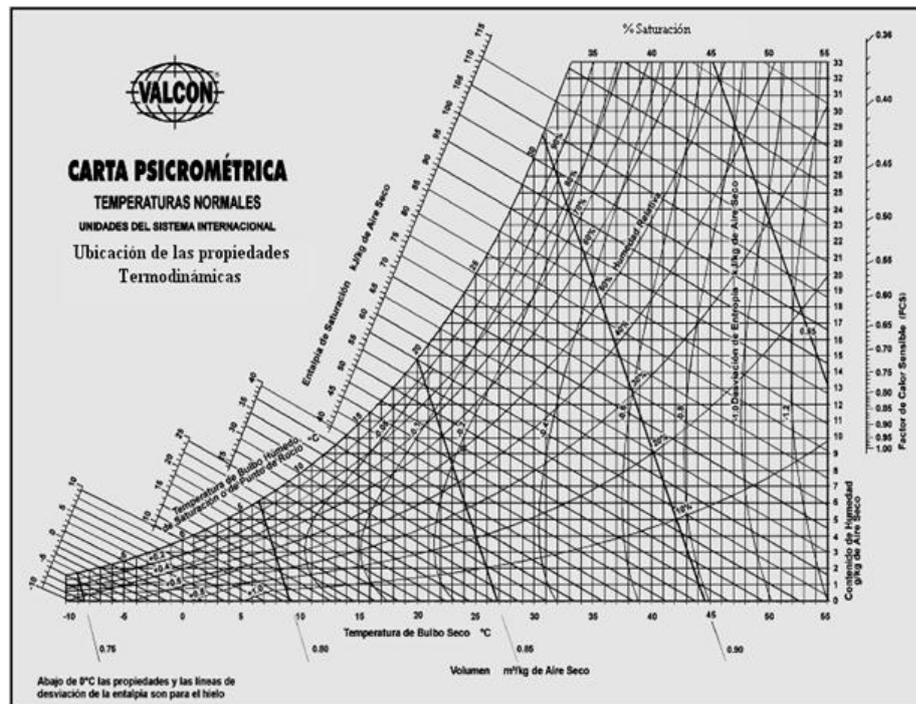
Para la ventilación se requiere que el aire interno se expulse al exterior por medios mecánicos, este proceso de ventilación estática conocido como intercambiador de aire permite el ahorro de gran parte de energía consumida por una instalación de acondicionamiento del tipo climatizador puesto que ellos requieren de un sistema de producción de frío.

### **Psicrometría del aire**

La psicrometría involucra el estudio de las propiedades termodinámicas del aire, como: humedad y confort humano de tal manera que por medio de gráficas pueden representar propiedades psicométricas del aire, permite el análisis de datos

facilitando solución de problemas prácticos relacionados al tratamiento del aire. La ventilación mecánica, intercambia la temperatura del aire interior con respecto al aire exterior que se introduce para la obligada renovación, las temperaturas varían según su estado de clima y tiempo, se muestra grafica 2.2 de una carta psicrométrica estándar (a nivel del mar 101.325 kPa)

**Gráfico 2.2:** Carta psicrométrica



**Fuente:** Carrier, 2001,p.85

El producto terminado dispone de una humedad aceptable al medio, para verificar la humedad relativa en el almacén se toma como referencia la cantidad de humedad de base mojada del producto terminado balanceado en 17 g<sub>v</sub> agua/kg aire seco.

La presión de vapor de saturación a temperatura del aire a 27°C depende del valor de su temperatura se determina mediante la ecuación 3.

$$\text{Log}_{10} p_{vs} = \frac{7,5 \times T}{237,3+T} + 2,7858$$

$$P_{vs} = 3564,30 \text{ Pa}$$

La presión de vapor, en condiciones reales se la expresa en función de la humedad específica, se calcula mediante la ecuación 2

$$P_V = P_R \frac{W}{W+0,622} \text{ (Pa)}$$

$$P_V = 1899,530 \text{ Pa}$$

Se obtiene el valor de la humedad relativa mediante la ecuación 4

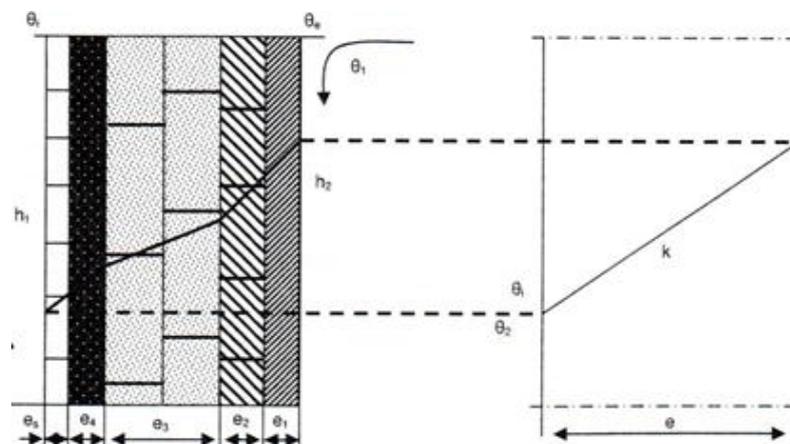
$$HR = \frac{p_v}{p_{vs}} \times 100 \%$$

$$HR = 53,29 \%$$

- **Coefficiente de transferencia calor en paredes**

El coeficiente global de transferencia de calor representa la capacidad de la superficie para transferir calor, depende de coeficientes convectivos individuales, ( $h_o$  y  $h_i$ ) denotados así en la suposición de existir uno interno y otro externo) y de la resistencia conductiva de la superficie. Existe una diferencia de temperatura entre dos puntos de un mismo cuerpo, se establece un flujo de calor desde el punto caliente hacia el punto frío, la cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo, depende de la resistencia que ofrezca el cuerpo entre los puntos considerados, se muestra gráfico 2.1.

**Gráfico 2.3:** Resistencias térmicas de una pared compuesta



**Fuente:** Cano Pina, 2007, p. 26

Para los valores de conductividad térmica (k) de los distintos materiales de construcción del almacén se consulta en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2:** Ganancia de calor para paredes

<b>Resistencias</b>	<b>Espesor</b>	<b>k</b> <b>(BTU/h.Ft.°F)</b>	<b>h</b> <b>(Btu/h.Ft<sup>2</sup>. ° F)</b>
Aire exterior	-	-	4
Mortero de cemento	0,5	0,42	-
Bloque de concreto			
8 plg espesor	7,87	0,64	-
Mortero de cemento	0,50	0,42	-
Aire interior	-	-	1,65

Elaborado por: Víctor Cando

El coeficiente de transferencia de calor se obtiene mediante la ecuación 6

$$U = \frac{1}{1/h_o} + \frac{1}{l_1/k_1} + \frac{1}{l_2/k_2} + \dots + \frac{1}{l_n/k_n} + \frac{1}{1/h_i} = \frac{1}{RT} \left( \frac{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}{Btu} \right)$$

$$RT = 2,09 \frac{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}{Btu}$$

$$U_{\text{paredes}} = 0,48 \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

- **Coficiente de transferencia calor en compuertas metálicas**

**Tabla 2.3:** Ganancia de calor en compuertas metálicas

<b>Resistencias</b>	<b>Espesor</b> <b>Plg</b>	<b>k</b> <b>(BTU/h.Ft.°F)</b>	<b>h</b> <b>(Btu/h.Ft<sup>2</sup>. ° F)</b>
Aire exterior	-	-	4
Chapa de acero galvanizado 2 mm	0,08	4,97	-
Aire interior	-	-	1,65

Elaborado por: Víctor Cando

$$RT = 0,85 \frac{\text{h. ft}^2 \cdot \text{°F}}{\text{Btu}}$$

$$U_{\text{Paredes metálicas}} = 1,17 \frac{\text{Btu}}{\text{h. ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

- **Coefficiente de transferencia calor para la cubierta**

Para una cubierta metálica tipo (stilpanel), el valor del coeficiente de transferencia de calor (U), se lo selecciona directamente del manual de carrier. Anexo 1

$$U_{\text{Cubierta}} = 0,64 \frac{\text{Btu}}{\text{h. ft}^2 \cdot \text{°F}}$$

### 2.3 Ganancia de calor por personas

El cuerpo humano produce transformaciones exotérmicas, según sus actividades, siendo normal de 37 °C, el calor del cuerpo se disipa de las siguientes maneras:

- por radiación hacia las paredes del local.
- Por convección en la piel y vías respiratorias hacia el aire ambiente.

El cálculo se realiza en base a meses con mayor intensidad de energía solar, en horas de la tarde, donde se producen la mayor ganancia de calor, medidas a partir de bulbo seco desde los 27 hasta los 30°C en diferentes grados de actividad.

$$Q_{\text{sensible personas}} = \text{Factor calor sensible} \times \text{Número de personas} \quad \text{Ec. (9)}$$

$$Q_{\text{latente personas}} = \text{Factor calor latente} \times \text{Número de personas} \quad \text{Ec. (10)}$$

$$Q_{\text{total personas}} = Q_{\text{sensible personas}} \times Q_{\text{latente personas}} \quad \text{Ec. (11)}$$

Para la bodega se estima un número de 4 personas, tomando valores de las tablas de calor sensible y latente, para un hombre promedio de entre 30 a 40 años, a una temperatura de 82 °F, se usan las ecuaciones (5), (6) y (7) para calcular la ganancia

total de calor, en la tabla siguiente se muestran los factores de calor de las personas según sus actividades.

**Tabla 2.4:** Ganancia de calor en personas

<b>Tipos de calor (Bth/h)</b>	<b>Factor de calor</b>	<b>Número de ocupantes</b>	<b>Calor (Bth/h)</b>
Calor sensible	270	4	1080
Calor latente	730	4	2920
<b>TOTAL GANANCIA CALOR</b>			4000

Elaborado por: Víctor Cando

#### 2.4 Ganancia de calor por iluminación

La iluminación es una fuente de calor, el mismo se emite por radiación, convección y conducción, dispone de 12 lámparas fluorescentes, con una potencia de 52 watts cada una, el calor generado por lámparas fluorescentes se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = \text{Número de lámparas} \times \text{Potencia (Watts)} \times 3.41 \times 1.25 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) \quad \text{Ec. (12)}$$

$$Q_{\text{iluminación}} = 2660 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

#### 2.5 Ganancia de calor por motores eléctricos

Los motores eléctricos en general disipará al ambiente el calor de pérdidas, para esto se conoce el factor de carga según capacidades disponibles en el equipo, estos valores se toman de tablas, se tendrá 1 montacargas eléctrico de 20 HP, 6 motores eléctricos de: 1, y 5 HP para inyección y extracción de aire. Anexo 3

$$Q_{\text{montacargas20hp}} = 44500 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} 1 = 58500 \text{ Btu/h}$$

$$Q_{\text{motores5hp}} = 15600 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} 4 = 31200 \text{ Btu/h}$$

$$Q_{\text{motores1hp}} = 3220 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} 2 = 12880 \text{Btu/h}$$

- **Factores de corrección en motores eléctricos**

La potencia nominal del motor eléctrico está establecida para condiciones de temperaturas y altura al instalar motores en diferentes entornos, se deben corregir la potencia de los mismos.

**Tabla 2.5:** Factores de corrección por altura

Altura de la instalación sobre el nivel del mar (m)	Potencia admisible en % de la potencia nominal
1000	100
2000	94
3000	86
4000	77

**Elaborado por:** Víctor Cando

Las tablas están en base a catálogos de motores eléctricos de acuerdo a su eficiencia según el anexo 8

**Tabla 2.6:** Factores de corrección por temperatura

Temperatura del medio refrigerante °C	Potencia admisible en % de la potencia nominal
30	107
35	104
40	100
45	96
50	92
55	87
60	82

**Elaborado por:** Víctor Cando

Al multiplicar la potencia nominal del motor por el factor de corrección de altura, e interpolando, el factor de corrección por temperatura del medio refrigerante se toma en 30°C temperatura para el control automático, se calcula con la siguiente ecuación.

$$P_{Mc} = P_{Mn} \times \text{factor corrección medio ref.} \times \text{corrección alt. (KW)} \quad \text{Ec. (13)}$$

$$P_{Mc} = P_{Mn} \times \text{factor corrección medio refrigerante} \times \text{corrección altura. (KW)}$$

$P_{Mc}$  = Factor de corrección del motor

$P_{Mn}$  = Potencia nominal del motor

$$P_{Mc\ 1hp} = 0,69kw, 0,93\ hp$$

$$P_{Mc\ 5hp} = 3,49kw, 4,67hp$$

$$P_{Mc\ 20hp} = 13,98kw, 18,74\ hp$$

Los motores eléctricos tienen un factor de servicio que permite que el motor pueda trabajar a una potencia máxima, dicha potencia está dada por la ecuación,

$$P_{Mmax} = P_{Mc} \times F_s \quad \text{Ec. (14)}$$

$F_s$  = factor seguridad

$$P_{Mmax} = 0,80kw, 1,07hp$$

$$P_{Mmax} = 4,29kw, 5,38hp$$

$$P_{Mmax} = 16,08kw, 21,55hp$$

- **Cálculos de áreas**

Para el cálculo de áreas se considera la cubierta como áreas proyectadas respecto al piso.

**Tabla 2.7:** Áreas totales de paredes y techo

Sección	Área (ft <sup>2</sup> )
Cubierta metálica	3874,80
Compuerta pared Norte (1)	129,10
Compuerta pared Sur (1)	129,10
Compuerta pared Este (1)	129,10
Pared Norte	903,96
Pared Sur	903,96
Pared Este	2453,44
Pared Oeste	2582,54

Elaborado por: Víctor Cando

- **Ganancia de calor de paredes y cubierta**

La ganancia de calor de paredes obtiene mediante la ecuación 5

$$Q_p = U \times A \times (\Delta t_{eq}) \left( \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right)$$

$$Q_{\text{Cubierta}} = 12399.36 \frac{\text{Btu}}{\text{h.}}$$

$$Q_{\text{Compuertas Norte,Sur,Este}} = 755.23 \frac{\text{Btu}}{\text{h.}}$$

$$Q_{\text{paredes Norte,Sur}} = 2169,50 \frac{\text{Btu}}{\text{h.}}$$

$$Q_{\text{paredes Este}} = 5888.25 \frac{\text{Btu}}{\text{h.}}$$

$$Q_{\text{total paredes y cubierta}} = 31090.40 \frac{\text{Btu}}{\text{h.}}$$

## 2.6 Total ganancia de cargas térmicas

En la tabla 2.8 se detallan la aportación de calor de cada de una de las variables que actúan en la bodega.

**Tabla 2.8:** Ganancia total de carga térmica

Variable	Ganancia de calor (Btu/h)
Paredes y cubierta	31090,40
Personas	4000
Iluminación	2260
Motores eléctricos	102580
<b>Total ganancia calor</b>	<b>139930.40</b>

Elaborado por: Víctor Cando

## 2.7 Cálculo de ventilación mediante cargas térmicas

La ventilación según la carga térmica se calcula mediante la ecuación 7

$$V = \frac{35262.46 \text{ Kcal/h}}{(30-27)^{\circ}\text{C} * 0,29} = 40531,56 \text{ m}^3/\text{h} = 23842,09 \text{ CFM}$$

## 2.8 Ventilación basada en áreas y renovaciones de aire

Para determinar la cantidad de ventilación según áreas y volúmenes de trabajo se utilizan datos de la tabla normalizada 2.9.

$$\text{Caudal de ventilación} = \frac{(\text{Volumen})}{\text{Numero de renovaciones/hora}} \text{ (CFM)} \quad \text{Ec. (15)}$$

**Tabla 2.9:** Renovaciones de aire

Locales industriales	NR/H
Ambientes nocivos	30 - 60
Depósito de mercancías	3 - 6
Fundición	20 - 30
Lavandería industrial	15 - 30
Sala de maquinas	20 - 30
Taller (general)	8 - 10
Taller con hornos	30 - 60
Taller de maquinado	5 - 10
Taller de pintura	30 - 60
Taller de soldura	15 - 30
Tintorería	20 - 30

**Fuente:** Soler & Palau, 2010, p.22

De acuerdo a la tabla 2.9 se tiene como datos las renovaciones de aire para depósitos de mercancías entre 3 a 6, se escoge 4 renovaciones tomado como referencia presiones sobre el nivel del mar 101,325 kpa y 2800 metros de altura 71,45 kpa, se determina la cantidad de flujo de aire en el almacén mediante la ecuación 15:

$$\text{Caudal de ventilación} = \frac{88924,63 \text{ pies}^3}{4} = 22231.15 \text{ CFM}$$

Al obtener la cantidad de ventilación necesaria se promedian entre ventilación mediante cargas térmicas con la ventilación basada en áreas y renovaciones.

Ventilación necesaria mediante cargas térmicas: 23842,09 CFM

Ventilación basada en áreas y renovaciones: 22231.15 CFM

Total flujo ventilación almacén: 23036,62 CFM

El parámetro para la extracción se analiza en función de partículas de polvo disipadas en el aire, la velocidad de captura resultante de una partícula de 10um corresponde a 0,02 m/s considerada a 1 metro, se calcula mediante la ecuación 16.

$$Q = V(10X^2 + A) \text{ (m}^3\text{/s)} \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

Q = caudal requerido (m<sup>3</sup>/s)

V = Velocidad de una partícula de polvo 0.02 (m/s)

X = distancia de extracción (m)

A= área total a extraer (m<sup>2</sup>)

Q = 7,4 (m<sup>3</sup>/s), 15689,71 CFM

**Tabla 2.10:** Resumen caudales para ventilación

<b>Caudal</b>	<b>(Cfm)</b>
Caudal de extracción	15689,71
Caudal suministro	7346,91
<b>Total</b>	<b>23036,62</b>

Elaborado por: Víctor Cando

## CAPÍTULO III

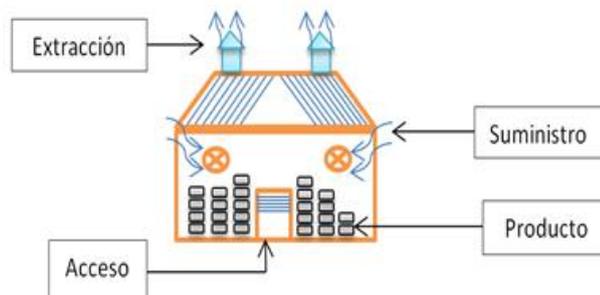
### DISEÑO, SELECCIÓN DE COMPONENTES Y MODELO MATEMÁTICO

En este capítulo se procederá a seleccionar los diferentes componentes que conforman el diseño del sistema de ventilación mecánica, como: conductos metálicos, ventiladores, louvers, sistema de control automático, aplicación matemática y simulación del software CFD.

#### 3.1 Diseño de forma

El presente sistema de ventilación, estará constituido por: ventiladores axiales para inyección de aire, ventiladores centrífugos para la extracción de aire, louvers que permitan direccionar el aire, según se muestra el gráfico 3.1.

**Gráfico 3.1:** Diseño de forma del proyecto

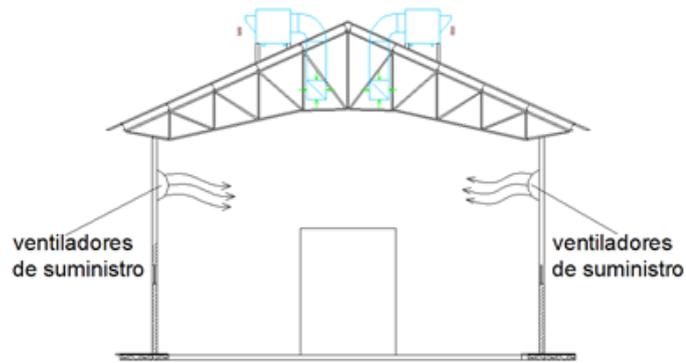


Elaborado por: Víctor Cando

#### 3.2 Ubicación de ventiladores de suministro y extracción

La inyección de aire se realiza desde el exterior al interior, la extracción desde el interior al exterior de acuerdo a cálculos realizados se puede evidenciar una presión negativa por la cantidad de flujo de extracción, los equipos se localizaran en partes altas como paredes y muros, alejadas de ventanas, fuentes de olores y calor de acuerdo a la norma se muestra el gráfico 3.2

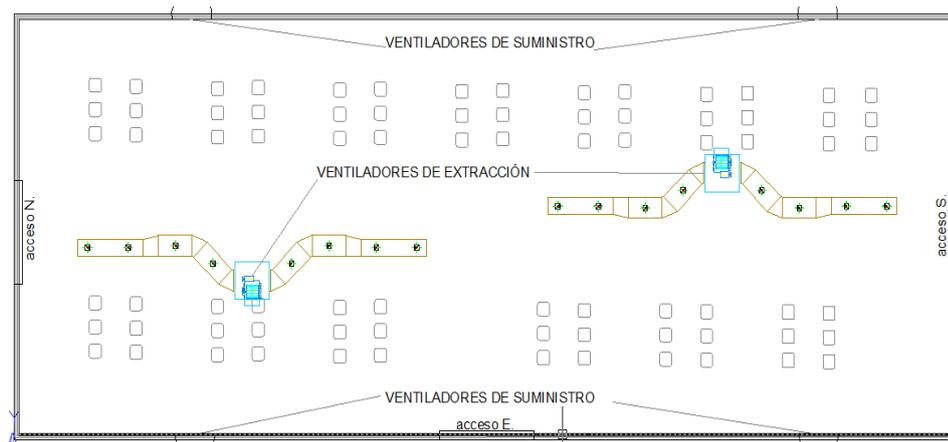
**Gráfico 3.2:** Ubicación ventiladores de suministro



Elaborado por: Víctor Cando

La selección de ventiladores adecuados permite proporcionar caudales necesarios para transportar aire por conductos hacia el ambiente, se muestra el gráfico 3.3.

**Gráfico 3.3:** Ubicación ventiladores de extracción



Elaborado por: Víctor Cando

Se describen fórmulas para determinar el diseño en conductos en función de sus ecuaciones.

Sección de tramo en un conducto

$$S = Q/V \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

A = sección del tramo en (m<sup>2</sup>)

Q = caudal de aire en (m<sup>3</sup>/s)

V = velocidad del aire en (m/s)

Diámetro equivalente en un conducto rectangular

$$D_e = \frac{1.3 (ab)^{\frac{5}{8}}}{(a + b)^{\frac{1}{4}}} \text{ (m)} \quad \text{Ec. (18)}$$

Donde a y b son lados del rectángulo (m.)

Perdida de energía debido a la fricción

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

$h_L$  = pérdida de energía debido a la fricción (m)

L = Longitud de la corriente de flujo (m)

D = Diámetro del conducto (m)

v = velocidad del flujo promedio (m/s)

f = factor de fricción

g = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Numero de Reynolds

$$NR = \frac{v D}{\mu} \quad \text{Ec. (20)}$$

Donde:

v = Velocidad (m/s)

D = Diámetro del conducto (m.)

$\mu$  = Viscosidad cinemática a 30 °C

Perdida dinámica en accesorios

$$H_L = c(H_V) \quad \text{Ec. (21)}$$

$$H_V = \frac{\gamma v^2}{2g} \text{ (Pa.)}$$

Donde:

$\gamma$  = peso específico del aire  $\frac{N}{m^3}$

$v$  = velocidad del flujo  $\frac{m}{s}$

$g$  = gravedad  $\frac{m}{s^2}$

$c$  = coeficiente para pérdida dinámica del accesorio

$H_v$  = presión de velocidad correspondiente al accesorio(Pa.)

- **Determinación de secciones**

Determinado el flujo de aire a suministrar en el almacén, para contrarrestar cargas se distribuyen asignando un caudal, se calcula la sección de tramos para ello se escoge una de las velocidades sugeridas en la tabla normalizada para conductos de aire, se asignan para locales industriales entre 7,5 y 9m/s en conductos principales y derivados respectivamente como se indica en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1:** Velocidades recomendadas para ventilación (m/s)

Aplicación	Conducto principal		Conducto derivado	
	Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
<b>Residencia</b>	3	3	5	4
<b>Apartamentos, dormitorios de hotel dormitorios de hospital</b>	6	5	7,5	6,5
<b>Oficinas particulares, despachos bibliotecas</b>	7	5,5	8,5	6,5
<b>Salas de cine, teatro, auditorios</b>	5	4	6,5	5,5
<b>Oficinas públicas, restaurantes, bancos</b>	8	6	9	7
<b>Locales industriales, bodegas</b>	11	7,5	15	9

Elaborado por: Víctor Cando

Se dividen las cargas para el flujo de extracción en 7845 Cfm, se aplica la ecuación 17.

$$S = Q/V$$

$$S = 0,493 \text{ m}^2$$

Para dicha superficie, de acuerdo al anexo 8 se tiene un diámetro equivalente de 793mm y 1400mm, con promedio entre 1096.5mm, se establece entre 1270mm y 1016mm generalmente en conductos de ventilación se miden en pulgadas 50 x 40 plg para el tramo principal.

El tramo derivado dispone una sección de 0,411 m<sup>2</sup>, diámetro equivalente de 793 mm y 1400mm se tiene 1050 mm, se establecen entre 1.016m x 0.762m, 40 x 30 plg.

- **Ábacos o Ductuladores**

Otra forma de seleccionar ductos es por medio de ábacos o ductuladores, de acuerdo al caudal de aire, la velocidad o fricción se alinean escalas y selecciona rápidamente sus dimensiones, se cuadran escalas dando como resultado ductos entre 48 y 38 pulgadas, comparando con la calculada de superficies es correcta la selección, se tiene un rango para selección entre ambas es decir ubicar medidas de 55 x 40 plg, 60 x 35 plg, con dichas selección garantiza el transporte de aire dentro de los conductos, se muestra el anexo 13

- **Diámetro equivalente para un conducto rectangular**

Se puede establecer una comparación con un equivalente de un conducto circular, definiéndose como aquel que tiene la misma longitud, el mismo caudal y la misma pérdida de carga por rozamiento que en un conducto rectangular, para ubicar velocidad, número de Reynolds, rugosidades relativas y factor de fricción se obtiene mediante la ecuación 18

$$De = \frac{1.3 (ab)^{5/8}}{(a+b)^{1/4}} \text{ (m)} \quad \text{Ec. (22)}$$

De = 1,23 m. extracción tramo principal

De = 1,18 m. extracción tramo derivado

### **3.3 Caída de presión**

Dentro de un conducto el fluido experimenta pérdida de presión por rozamiento, denominándose pérdida de carga, esta representa la resistencia de los conductos al paso del aire, depende de la superficie y de la velocidad del aire.

Para el suministro se realizará una aproximación al fluido al pasar por un canal abierto, para la extracción se analizará en conductos de acero galvanizado. El cálculo busca encontrar el coeficiente de fricción para luego emplear la ecuación de Darcy de tal manera que facilite hallar pérdidas.

Para equilibrar el sistema de ventilación mecánica de acuerdo a caudales, el suministro se realiza mediante ventiladores axiales de muro con descarga libre y presión estática de 0.0 mm H<sub>2</sub>O, 0.0 Plg. H<sub>2</sub>O, la ventilación mecánica a base de extractores garantiza caudales de aire.

### **3.4 Determinación de flujos**

Se determina el tipo de flujo mediante evaluación del número de Reynolds a partir de la ecuación, seleccionando las propiedades del aire. Anexo 7.

Al desarrollar la ecuación 20 se tiene:

$$NR = \frac{v D}{\mu}$$

$N_R = 8,5 \times 10^5$ , flujo turbulento para extracción tramo principal

$N_R = 9,4 \times 10^5$ , flujo turbulento para extracción tramo derivado

### 3.5 Rugosidad relativa

Debido a que la pérdida de energía es directamente proporcional al factor de fricción sus cambios serán significativos, cada material dispone de rugosidad, se la representa con la siguiente ecuación, ver anexos 4 y 5

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{D}{\epsilon} \quad \text{Ec. (23)}$$

Donde:

D = Diámetro de conducto (m.)

$\epsilon$  = Rugosidades de conducto (m.)

Rugosidad relativa = 8200 para tramo principal

Rugosidad relativa = 7866.7 para tramo derivado

$N_R = 8,1 \times 10^5$ , y Rugosidad relativa 8200

$f = 0,0195$

$N_R = 9,4 \times 10^5$ , y Rugosidad relativa 7866,7

$f = 0,019$

Al desarrollar la ecuación 19 se obtiene la pérdida de energía:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$h_L = 0,136$  m (tramo principal)

$h_L = 0,132$  m (tramo derivado)

Para los niveles de presión y pérdidas se las expresa en pulgadas de agua por consiguiente, (1plg de H<sub>2</sub>O por cada 100 pies).

Caída de presión para el tramo principal =  $4,46 \times 10^{-3}$  plg. H<sub>2</sub>O

Caída de presión para el tramo derivado =  $4,33 \times 10^{-3}$  plg. H<sub>2</sub>O

- **Perdidas en accesorios**

La pérdida dinámica para un accesorio se lo calcula con la siguiente ecuación.21

$$H_L = c(H_V)$$

$$H_V = \frac{\gamma v^2}{2g}$$

$$H_V = 5,62 \text{ Pa}$$

$$H_L \text{ Pérdida accesorio codo a } 90^\circ = 3,16 \times 10^{-3} \text{ plg. H}_2\text{O}$$

$$H_L \text{ Pérdida accesorio codo a } 45^\circ = 7,90 \times 10^{-4} \text{ plg. H}_2\text{O}$$

Pérdida dinámica para la transición

$$1,3 \times 10^{-4} \text{ plg. H}_2\text{O}$$

- **Louvers**

Existen varios modelos de louvers para cada aplicación determinada; louvers con aletas abatibles, con aletas fijas, louvers para inyección y para extracción, según se evidencia en el gráfico 3.7

**Gráfico 3.4:** Louvers



**Fuente:** Soler & Palau, 2010 p. 89

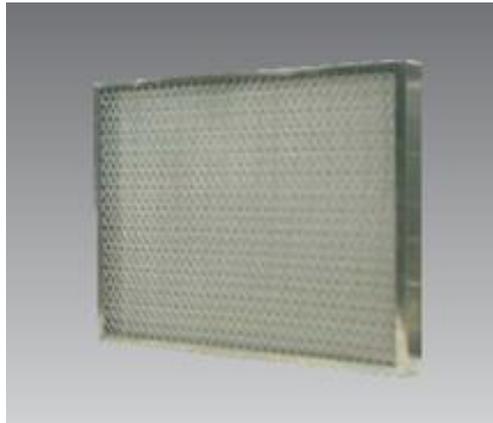
Según manuales de especificaciones técnicas de louvers, para una velocidad de circulación de aire baja tienen una pérdida de aproximadamente

$$h_{\text{louver}} = 0.08 \text{ in H}_2\text{O}$$

- **Filtros de aire**

Para evitar que entre polvo o alguna otra partícula por las tomas de aire existen filtros de fibra en cada una de las aperturas, de tal manera que se evite la fomentación o acumulación de partículas, se muestra en el gráfico 3.8.

**Gráfico 3. 5:** Filtro de aire



**Fuente:** Soler & Palau, 2010 p. 33

- **Pérdida de presión debido al filtro de aire**

Un filtro simple para partículas de polvo tiene caída de presión aproximada de:

$$h_{\text{filtro}} = 0.10 \text{ in H}_2\text{O}$$

### **3.6 Pérdida de presión total para extracción**

Se calcula sumando cada una de las pérdidas, mediante el uso de la siguiente ecuación.

$$h_{\text{total}} = h_L + h_{\text{louver}} + h_{\text{filtro}} \quad \text{Ec. (24)}$$

$$h_{\text{total}} = 0.75 \text{ in H}_2\text{O}$$

### 3.7 Modelo matemático

La ventilación mecánica es el sistema más desarrollado en la industria, para tratarlo es necesaria la intervención de equipos, de tal manera que mediante la simulación e ingresando datos se logre proyectar la forma en que fluye el aire en su entorno, mediante el desarrollo de modelos matemáticos, para esto se apoya en el software de Autodesk Simulation CFD 2015.

#### 3.7.1 Método matemático para el sistema de ventilación

Se considera al aire como un fluido con viscosidad constante, variando con temperaturas entre 2 a 3 grados °C despreciables. Se dispone de los ingresos y salida del fluido, los cálculos se obtienen a partir de la ecuación del balance de energía.

$$\dot{m}_s - \dot{m}_e - \frac{dE_{vc}}{dt} = 0 \quad \text{Ec. (25)}$$

Donde:

$\dot{m}_e$  = Flujo de entrada

$\dot{m}_s$  = Masa de salida

$\frac{dE_{vc}}{dt}$  = Cantidad de fluido en el interior

La ecuación del balance de energía se fija a continuación.

$$-\sum E_s + \sum E_{i1} + \sum E_{i2} = 0 \quad \text{Ec. (26)}$$

Al reemplazar la ecuación 25 en la ecuación 26 se tiene la siguiente ecuación

$$\sum \dot{m}_e \left( h + \frac{v^2}{2} + g \right) + \sum \dot{m}_s \left( h + \frac{v^2}{2} + g \right) = \frac{dE_{vc}}{dt}$$

Por lo tanto

$$\dot{m}_e h_e - \dot{m}_s h_s C_c = \frac{dE_{vc}}{dt}$$

Donde:

$h_e$  = altura de entrada

hs = altura de salida

Si:  $\dot{m}_e = \dot{m}_s$ , se tiene las siguientes ecuaciones.

$$\frac{dE_{vc}}{dt} = \frac{d}{dt} (e_r m_r) = e_r \frac{dm}{dt} + m_r \left( \frac{de_r}{dt} \right) \quad \text{Ec. (27)}$$

$$Q + \dot{m} (h_e - h_s) = \frac{dE_{vc}}{dt}$$

Donde:

$m_r$  = masa constante en un área cerrada

$$\frac{dE_{vc}}{dt} = m_r \frac{d}{dt} * (u_r + p_r * v_r + V_r^2 + g * r)$$

De donde se consideran nulos los cambios de energía potencial y energía cinética.

$$\frac{dE_{vc}}{dt} = m_r C_p \frac{dT_r}{dt}$$

Al reemplazar la ecuación 27

$$Q + \dot{m} (h_e - h_s) = m_r C_p \frac{dT_r}{dt}$$

$$C_{sc} + \dot{m} C_p (T_s - T_r) = m_r C_p \frac{dT_r}{dt}$$

Donde:

$C_{sc}$  = Calor sensible

$T_s$  = T entrada

$T_r$  = T salida

$m_r = p_r V_r$  = masa

Al reemplazar los valores se tiene:

$$\left(T_s - T_r + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p}\right) * (\dot{m}C_p) = p_r V_r C_p \frac{dT_r}{dt} \quad \text{Ec. (28)}$$

Donde:

$V_r$  = volumen

$\dot{m}$  = flujo másico

$\dot{m}$  = SCFM

$$\left(T_s - T_r + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p}\right) * \left(\frac{\text{SCFM}}{V_r}\right) = \frac{dT_r}{dt}$$

Donde:

$V_r$  = constante en espacio, flujo volumétrico de aire = SCFM

$$\left(T_s - T_r + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p}\right) * (p \text{ SCFM } C_p) = p_r V_r C_p * \frac{dT_r}{dt}$$

$$\left(T_s - T_r + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p}\right) * A = \frac{dT_r}{dt}$$

Al resolver la ecuación diferencial (mediante tablas de formas exponenciales y logarítmicas) se tiene.

$$T_s - T_r + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p} * (T_2 - T_1) = \ln \left| \frac{\text{SCFM}}{V_r} \right| * (T_r - T_s)$$

Se plantea las condiciones de borde, al reemplazar se tiene la ecuación 34:

$$T_1 = T_r = 27^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_s = 30^\circ\text{C}$$

$$(T_2 - T_1) = \ln \left| \frac{1}{\left(T_s + \frac{C_{sc}}{\dot{m}C_p}\right) - T_r} \right| + D$$

La ecuación del flujo volumétrico de aire se resuelve mediante la ecuación 29:

$$\left(\frac{\text{SCFM}}{V_r}\right) = \ln \left| \frac{1}{\left(T_s + \frac{C_{sc}}{\dot{m} C_p}\right) - T_r} \right| + D \quad \text{Ec. (29)}$$

En la tabla 3,2 se muestra la variación de temperaturas con respecto al tiempo.

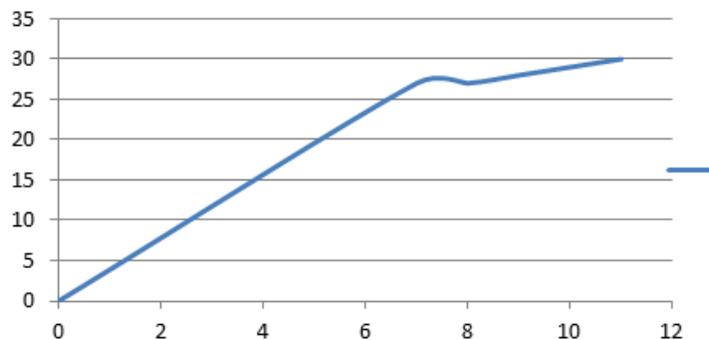
**Tabla 3.2:** Variaciones de temperaturas

Tiempo Horas	Temperatura C°
7	27
8	27
9	29
10	29.5
11	31

Elaborado por: Víctor Cando

El gráfico 3,6 representa el aumento de temperatura con respecto al tiempo, se evidencia la masa de aire caliente en el entorno.

**Gráfico 3.6:** Representación de los valores de tabla 3.1



Elaborado por: Víctor Cando

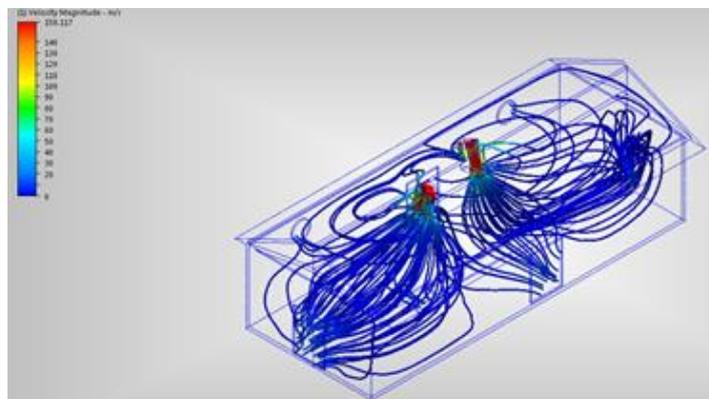
### 3.8 Modelos CFD (Dinámica de Fluidos computacional)

Los modelos de CFD, son las herramientas de cálculo más avanzadas, permiten resolver simultáneamente las ecuaciones de conservaciones de masa, energía y momento. Los modelos de CFD realizan simulaciones como si fuera un experimento en un laboratorio virtual, utilizando un modelo matemático y algoritmos que describan los procesos similares a lo que pasaría en la realidad, dando como resultados modelos de campos, analizando distribución de velocidades del aire, temperatura, presiones y patrones de flujos. Los Modelos de Simulación Computacional dan casi siempre una solución del fenómeno, además de métodos numéricos para saber interpretar correctamente resultados y su validez.

### 3.9 Simulación del sistema de ventilación

Para cualquier proceso de fluido dinámico el sistema se puede simular con resolución de ecuaciones basadas en conservación de masa, energía y cantidad de movimiento. Para el sistema de ventilación las condiciones requeridas están dadas por temperatura, velocidad y presión, se evidencian presiones negativas ya que la extracción es mayor que el suministro, en la gráfica 3,7 se visualiza la forma de circulación del aire en su entorno.

**Gráfico 3.7:** Flujos de ventilación en Autodesk Simulation CFD

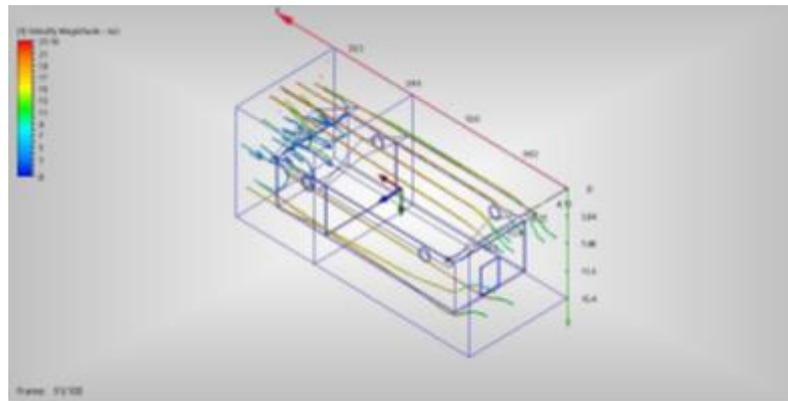


**Elaborado por:** Víctor Cando

### 3.9.1 Flujos de ventilación a través de aperturas en particiones horizontales

El flujo a través de una apertura horizontal se puede considerar de forma similar a la partición vertical, suministrando la diferencia de presión. Si sólo hay una única apertura hacia el compartimento de ventilaciones a través de una partición horizontal, como un techo, el flujo debe ser considerado oscilatorio o bidireccional. Según se muestra en el gráfico 3.11.

**Gráfico 3.8:** Flujos de ventilación en aperturas mediante CFD

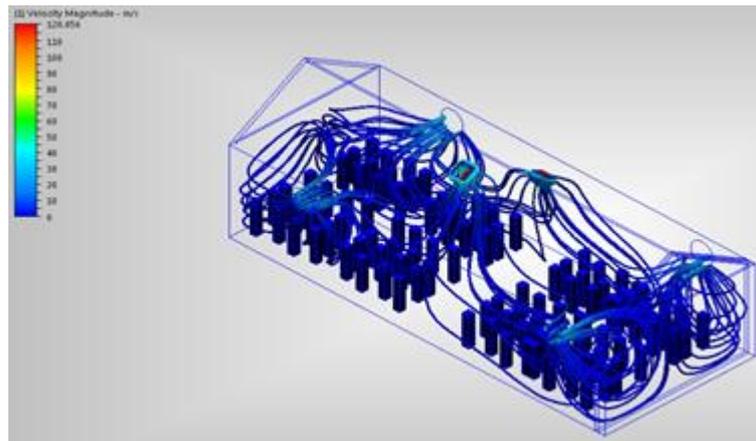


**Elaborado por:** Víctor Cando

### 3.9.2 Simulación del movimiento de aire

Para conectar el sistema de ventilación mecánico en un edificio con un modelo de varias entradas y salidas, se deben incluir las características de presión-flujo completas del edificio en ambas direcciones, para permitir la posibilidad de flujo por las partes contra la dirección del flujo de aire en los conductos. Tomando como consideración las condiciones de borde, de temperaturas, cambios de energías potencial y cinética como nulos, el flujo volumétrico de aire para la modelación de acuerdo al software CFD. Según se muestra en el gráfico 3.12.

**Gráfico 3.9:** Distribución de fluido en su interior mediante CFD



**Elaborado por:** Víctor Cando

En la simulación se observa como el fluido se distribuye por su entorno dentro del área requerida, influenciado por puntos de entrada y salida. Sin embargo, para la ventilación de diseño, se tiene velocidad de 7,4m/s de acuerdo a datos calculados de la velocidad de partículas de aire en el ambiente.

- **Características ventiladores axiales para suministro de aire**

Para la selección de ventiladores, de acuerdo a caudales, se escoge del catálogo (soler & palau, 2010 p. 230), la serie correspondiente HXB-T. Se colocarán cuatro ventiladores de suministro de las siguientes características, como se muestra el anexo 9.

- Embocadura tipo marco, fabricado por embutido.
- Acabado con pintura en polvo poliéster horneada de alta resistencia a la corrosión.
- Hélices con alineación y balanceo preciso.
- Aplicaciones: ventilación comercial, locales deportivos, etc.
- Ventilación industrial: naves, talleres, fábricas, refrigeración de maquinarias.
- Características técnicas

Modelo ventilador serie HXB – 400/H

1625 RPM, potencia motor 1 hp.

127 – 220 voltios corriente alterna, 2 amperios.

Caudal 2353 CFM.

Presión sonora 60 decibeles, peso 14 Kg.

- **Características extractor centrífugo de aire**

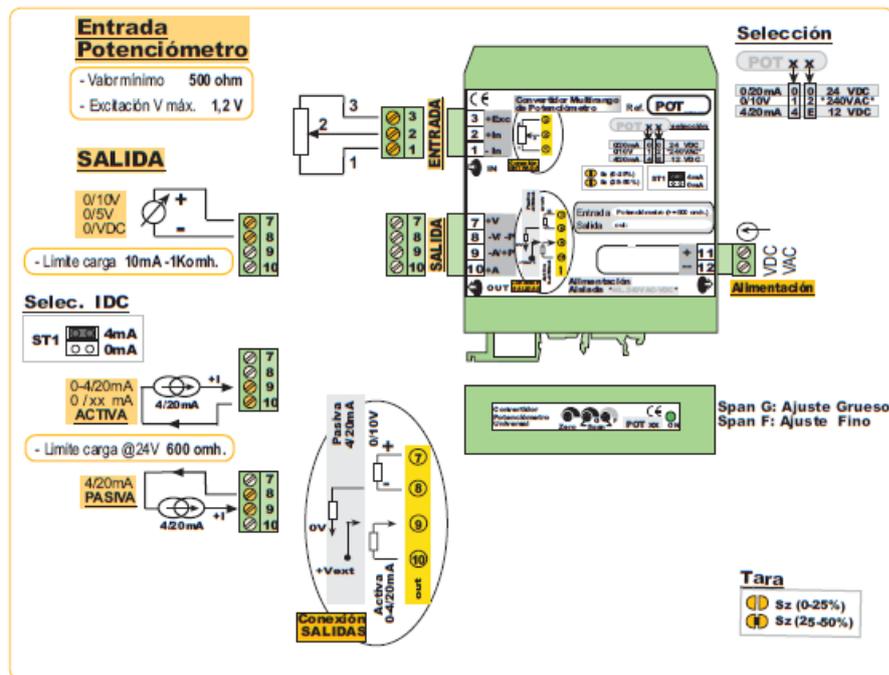
La extracción de aire se realiza con ventiladores centrífugos de la serie DA (doble aspiración), fabricados en láminas galvanizadas, resistentes a la corrosión, diseñados para brindar eficiencia y confiabilidad en aplicaciones de suministro y extracción de aire por conductos metálicos, como se muestra el anexo 10

- Recubierta con pintura electrostática
- Rodetes de palas curvas para manejar grandes caudales
- Bajo consumo de energía
- Alabes fijos en sus extremos
- Sistema de transmisión por bandas y poleas
- Ejes fabricados en acero AISI 1045
- Reducidos niveles de vibración y nivel sonoro

### **3.10 Control automático**

Al diseñar el proyecto se planteó la necesidad de hacerlo automático, de acuerdo a los requerimientos de ventilación del sistema, estarán compuestos por: plc, contactores, guarda-motores, termostato, se requiere de un controlador modelo AK-HS-1000, como indica el gráfico 3.10.

**Gráfico 3.10: Modelo AK-HS-1000**



Fuente: Siemens control, 2010,p. 213.

### Características técnicas

Entradas binarias: definidas como contacto seco mantenido o pulsos contador/acumulador.

Salidas binarias: definidas como 24 VAC Triac (fuente de poder interna o externa seleccionable).

Salidas configurables: definidas como 0-10 VDC o 24 VAC Triac.

Salidas analógicas: Definidas como 0-10 VDC o 4-20 mA.

- **Contactores, guarda motores**

Estos dispositivos electromecánicos del sistema de control activan el circuito de motores de suministro y extracción de aire, además permiten la protección de sobre cargas de energías, con ayuda de los guarda-motores MS116 y MS325 pueden montarse a los contactores con un mínimo cableado, como se indica en el gráfico 3,14.

**Gráfico 3.11:** Guarda motores sobre contactores



**Fuente:** Siemens control, 2010, p. 120.

### **Características técnicas**

Frecuencia de operación: 50 Hz

Potencia disipada por fase: 0,57, a 1,46 W

Vida mecánica 100.000 ciclos

Temperatura de funcionamiento -20 a 70 °C

Compensación de temperatura -20 a 50 °C

Corriente asignada máxima 32 A.

- **Control de temperatura**

Para un sistema de control de temperatura, se obtiene mediante su ambiente apoyado de un sensor, esta señal es tratada, hacia el controlador de tal manera que encienda o apague los extractores según el setpoint que se seleccione, logrando mantener la temperatura y aire fresco en cada sección, para el caso de la bodega si la temperatura supera los 30°, enviará la señal al plc, activará ventiladores de extracción y suministro, se requiere del termostato análogo compatible con el controlador AK-HS-1000 , como indica la gráfica 3.15

**Gráfico 3.12:** Sensor de temperatura



**Fuente:** Johnson control.2010, p. 213.

### **Características técnicas**

Alimentación: 115 o 230 Vac (50/60 Hz) 12 o 24 Vdc –

Temperatura de control 10 hasta 50 °C - Resolución: 0.1 °C (entre -10 y 50 °C) y 1 °C

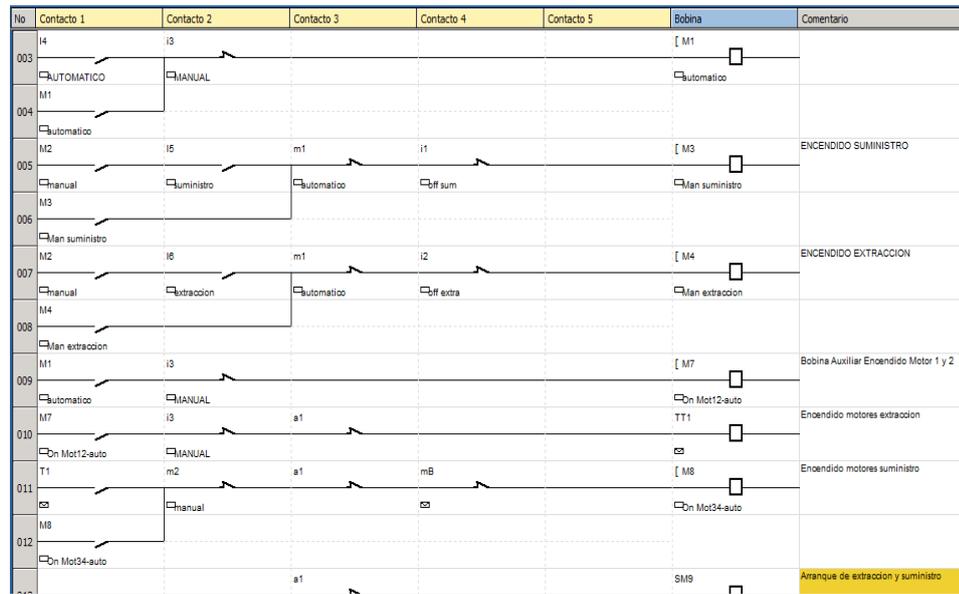
Corriente máxima: 16(8)A / 250 Vac 1 hp - Dimensiones: 71 x 28 x 71mm.

Temperatura de operación: 0 a 50°C

- **Automatización del sistema de control**

El sistema dispone de 4 motores eléctricos para suministro de aire, inicialmente se encienden 2 luego de 5 minutos se encienden otros dos, se apagan los motores por temperatura entre 26 y 28 °C, los motores de extracción se encienden al sobrepasar los 30°C, se apagan luego de 5 minutos cuando la temperatura es menor a 30 C, se apaga todo el sistema por debajo de los 25°C disponen de 2 sensores uno para los cuatro de suministro, y uno para extracción, como indica la gráfica 3,13

**Gráfico 3.13: Esquema eléctrico de control**



**Elaborado por: Víctor Cando**

## CAPÍTULO IV

### COSTOS DEL PROYECTO

En este apartado se presenta el análisis de costos que conlleva la instalación del sistema de ventilación mecánica, con sus debidos accesorios e instalaciones, desde el diseño inicial hasta el montaje del mismo, se toma como referencia precios establecidos hasta el momento en el mercado nacional.

#### 4.1 Costos directos

Producidos por mano de obra, materiales, accesorios, equipos en general para la ejecución del proyecto, de acuerdo al diseño y montaje, se presenta el detalle desglosado de los costos.

**Tabla 4.1:** Costos de equipos

<b>DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS</b>	<b>UN.</b>	<b>CANT.</b>	<b>TOTAL</b>	<b>P.UNIT.</b>	<b>P. TOTAL</b>
Ventiladores de Extracción 10900CFM con motor 4 HP	UNI.	2		\$ 680,00	\$1.360,00
Ventiladores de Suministro 2050CFM con motor 1 HP	UNI.	4		\$ 480,00	\$1.920,00
Caja metálica para Ac galv. 1.0 mm	UNI.	2		\$ 85,00	\$170,00
Anclaje, soportes para conductos	UNI.	1		\$ 240,00	\$240,00
Louver Metálico	UNI.	6		\$ 125,00	\$750,00
Filtros de aire	UNI.	6		\$ 90,45	\$542,70

**Elaborado por:** Víctor Cando

Continuación tabla 4.1

<b>DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS</b>	<b>UNI.</b>	<b>CANT.</b>	<b>TOTAL L</b>	<b>P.UNIT ARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
Rejillas de extracción 24x24	UNI.	16		\$ 60,80	\$972,80
Conductos en acero galvanizado 0.7 mm	KGS	350		\$ 5,50	\$1.925,00
<b>CONTROLES DE AUTOMATIZACION:</b>			<b>\$728,80</b>		
Controlador programable AK-HS- 1000	UNI.	1		\$ 380,00	\$380,00
Sensores de temperatura Full Gauge MT 530	UNI.	6		\$ 48,00	\$288,00
Caja panel de control	UNI.	1		\$ 60,80	\$60,80
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>\$8.609,30</b>		

Elaborado por: Víctor Cando

**Tabla 4.2:** Costos de materiales y accesorios

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNI.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
Varilla roscada galvanizada de 3/8	UNI.	10	\$ 12,50	\$125,00
Tacos expandibles galvanizados 3/8	UNI.	100	\$ 0,25	\$25,00
Alambre galvanizado rollo	UNI.	2	\$ 3,80	\$7,60
pernos galvanizados 3/8	UNI.	100	\$ 0,35	\$35,00
Arandelas galvanizada 3/8	UNI.	200	\$ 0,15	\$30,00
Correas metalicas 80x40x2	UNI.	6	\$ 35,80	\$214,80
Perfiles angulares 1 1/4 x 1/8	UNI.	14	\$ 18,80	\$263,20
Brocas de acero 1/8	UNI.	10	\$ 3,80	\$38,00
Tacos fisher F6	UNI.	50	\$ 0,18	\$9,00
Cable 10 AWG rollo	UNI.	2	\$ 225,00	\$450,00
Cable 16 AWG rollo	UNI.	1	\$ 110,00	\$110,00

Elaborado por: Víctor Cando

Continuación tabla 4.2

DESCRIPCIÓN	UNI.	CANT.	P.UNITARIO	P. TOTAL
Cable 12 AWG rollo	UNI.	1	\$ 130,00	\$130,00
Manguera corrugada de 1/2 rollo	UNI.	1	\$ 60,00	\$60,00
Electrodos 6011	KGS	1	\$ 25,00	\$25,00
Remaches de 1/4	UNI.	250	\$ 0,15	\$37,50
Tuberia EMT 1/2	UNI.	20	\$ 4,50	\$90,00
Codos EMT 1/2	UNI.	10	\$ 0,50	\$5,00
Uniones EMT 1/2	UNI.	10	\$ 0,50	\$5,00
Impermeabilizador chova rollo	UNI.	1	\$ 68,80	\$68,80
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>\$1.728,90</b>

Elaborado por: Víctor Cando

**Tabla 4.3:** Costos mano de obra

DESCRIPCIÓN	UNI.	CANT.	P.UNITARIO	P. TOTAL
Instalación de conductos de acero galvanizado	GLB.	1	\$ 720,00	\$720,00
Boquetes en paredes y cubierta	UNI.	4	\$ 20,00	\$80,00
Instalación de ventiladores	UNI.	6	\$ 85,00	\$510,00
Instalaciones eléctricas de fuerza	GLB.	1	\$ 550,00	\$550,00
Instalaciones eléctricas de control	GLB.	1	\$ 280,00	\$280,00
Programación de PLC y entrenamiento	UNI.	1	\$ 180,00	\$180,00
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>\$2.320,00</b>

Elaborado por: Víctor Cando

**Tabla 4.4:** Total costos directos

DESCRIPCIÓN	UNI.	CANT.	P.UNITARIO	P. TOTAL
EQUIPOS	UNI.	1	\$8.609,30	\$8.609,30
MATERIALES Y ACCESORIOS	UNI.	1	\$ 1.728,90	\$1.728,90
MANO DE OBRA	UNI.	1	\$ 2.320,00	\$2.320,00
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>\$12.658,20</b>

Elaborado por: Víctor Cando

## 4.2 Costos indirectos

Costos indirectos aquellos no son considerados en los directos, gastos técnicos administrativos, ejecutables para el proyecto tales como: logística, insumos de limpieza, comunicaciones, gastos de oficina.

**Tabla 4.5:** Total costos indirectos

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNI.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>P.TOTAL</b>
Alquiler oficina	UNI.	1	\$ 140,00	\$140,00
pago agua por mes	UNI.	1	\$ 23,00	\$23,00
Pago luz por mes	UNI.	1	\$ 18,00	\$18,00
Pago teléfono por mes	UNI.	1	\$ 40,00	\$40,00
copias e impresiones de planos	UNI.	10	\$ 3,50	\$35,00
Transporte de equipos	UNI.	6	\$ 80,00	\$480,00
<b>TOTAL (USD)</b>				<b>\$736,00</b>

**Elaborado por:** Víctor Cando

## 4.3 Costos totales

**Tabla 4.6:** Costos mano de obra

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNI.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
COSTOS DIRECTOS	UNI.	1	\$12.658,20	\$12.658,20
COSTOS INDIRECTOS	UNI.	1	\$ 736,00	\$736,00
<b>TOTAL</b>				\$13.394,20

**Elaborado por:** Víctor Cando

## CONCLUSIONES

La cantidad de ventilación se calculó mediante renovaciones de aire y cargas térmicas en el almacén, con confort industrial para productos terminados entre 26 y 29 °C y humedad relativa del 60 - 50%

Se escogió el sistema de ventilación por suministro y extracción, para proporcionar la renovación constante de aire saturado y el calor se reduzca asegurando una temperatura interior.

Para seleccionar los extractores se calculó las pérdidas de energías en conductos y accesorios requiriendo para el sistema de extracción 0,75 in H<sub>2</sub>O

Se realiza el control automático del sistema con ayuda del software zelio, con el fin de accionar los ventiladores al sobrepasar los 30°C, convirtiéndolo en un sistema inteligente con mínima intervención.

Se evidencian las zonas térmicas en los sistemas de flujos, especialmente en la extracción con la simulación del sistema de ventilación mediante el software CFD de Autodesk Simulation.

## **RECOMENDACIONES**

El conducto metálico parte importante del sistema de ventilación debe estar sellado herméticamente de tal manera que se reduzcan las infiltraciones, causales de pérdidas de presiones.

El estudio de las cargas térmicas y el uso de cartas psicrométricas son importantes para el cálculo de la potencia de un sistema de ventilación con el fin de obtener un balance térmico deseado para la selección de sus componentes.

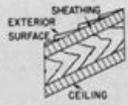
Un buen almacenamiento de productos terminados balanceados se encuentra en ambientes secos, limpios y ventilados manteniendo la calidad desde su empaque hasta su distribución y consumo.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Cano Pina, S. (2007). Conocimientos Técnicos de Climatización. España: Ceysa.
- Carrier . (2009). Manual de Aire Acondicionado. España: Marcombo S.A.
- Cengel , Y. A., & Michael , B. A. (2009). Termodinámica. México.: McGraw-Hill.
- Chadderton, D. V. (2000). Manual Práctico de Aire Acondicionado (frío y calor). España: N/R..
- CHROMALOX. (2010). Electric Heating Products. Controls and Systems.
- Doolin, J. H. (2004). La Biblia Doolin para el Técnico Reparador de Acondicionamiento de Aire. Estados Unidos de Norte América: Doolco INC.
- Dossat Roy, J. (2001). Principios de Refrigeración. Colombia: CECSA.
- OWENS CORNING S.A.(2012). Manual de aislamientos termoacústicos para equipos industriales. Aislamientos Termoacusticos, 19.Estados Unidos de Norte America.
- Peragallo, R. (1992). Elementos Básicos del Aire Acondicionado. España: Thomson Paraninfo, S.A.
- SOLER & PALAU. (2010). Sistemas de ventilación. Manual Práctico de Ventilación.

## ANEXOS

### ANEXO 1: COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA DE CALOR PARA CUBIERTAS

PITCHED ROOFS		CEILING										
		None	3/4" Wood Panel (2)	3/4" Gypsum Board (Plaster Board) (2)	Metal Lath Plastered		3/4" Gypsum or Wood Lath Plastered		Insulating Board Plain or 1/2" Sand Agg Plastered		Acoustical Tile on Furring or 3/4" Gypsum	
EXTERIOR SURFACE	SHEATHING				3/4" Sand Plaster (7)	3/4" Lt Wt Plaster (3)	1/2" Sand Plaster (5)	1/2" Lt Wt Plaster (2)	1/2" Board (2)	1" Board (4)	1/2" Tile (2)	3/4" Tile (3)
Asphalt Shingles, (2)	Bldg paper on 3/4" plywood (2)	.51	.27	.30	.32	.29	.29	.28	.22	.17	.23	.21
	Bldg paper on 3/2" wood sheathing (3)	.30	.23	.26	.27	.25	.25	.24	.20	.16	.21	.19
Asbestos-Cement Shingles (3) or Asphalt Roll Roofing (1)	Bldg paper on 3/4" plywood (2)	.59	.28	.34	.37	.33	.33	.31	.25	.18	.25	.22
	Bldg paper on 3/2" wood sheathing (3)	.45	.25	.29	.31	.28	.28	.27	.22	.17	.22	.20
Slates (8) or Sheet Metal (1)	Bldg paper on 3/4" plywood (2)	.64	.29	.36	.38	.34	.35	.47	.26	.19	.26	.23
	Bldg paper on 3/2" wood sheathing (3)	.48	.25	.29	.31	.28	.28	.27	.22	.17	.23	.20
Wood Shingles (2)	Bldg paper on 1" x 4" strips (1)	.53	.26	.31	.33	.30	.30	.28	.23	.17	.24	.21
	Bldg paper on 3/4" plywood (2)	.41	.23	.27	.29	.26	.27	.25	.21	.16	.21	.19
	Bldg paper on 3/2" wood sheathing (3)	.34	.21	.24	.25	.23	.23	.22	.19	.15	.19	.17

1958 ASHAE Guide

Fuente: Carrier, 2001,p.87

### ANEXO 2: GANANCIA DE CALOR PARA OCUPANTES

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Metabolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Average Adjusted Metabolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE									
				82 F		80 F		78 F		75 F		70 F	
				Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr	
				Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡, Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

\*Adjusted Metabolic Rate is the metabolic rate to be applied to a mixed group of people with a typical percent composition based on the following factors:  
 Metabolic rate, adult female = Metabolic rate, adult male × 0.85  
 Metabolic rate, children = Metabolic rate, adult male × 0.75

†Restaurant—Values for this application include 60 Btu per hr for food per individual (30 Btu sensible and 30 Btu latent heat per hr).

‡Bowling—Assume one person per alley actually bowling and all others sitting, metabolic rate 400 Btu per hr; or standing, 550 Btu per hr.

Fuente: Carrier, 2001,p.77

### ANEXO 3: GANANCIA DE CALOR POR MOTORES ELÉCTRICOS

NAMEPLATE† OR BRAKE HORSEPOWER	FULL LOAD MOTOR EFFICIENCY PERCENT	LOCATION OF EQUIPMENT WITH RESPECT TO CONDITIONED SPACE OR AIR STREAM‡		
		Motor In - Driven Machine In HP × 2545 % Eff	Motor Out - Driven Machine In HP × 2545	Motor In - Driven Machine out HP × 2545 (1 - % Eff)
		Btu per Hour		
1/20	40	320	130	190
1/12	49	430	210	220
1/8	55	580	320	260
1/4	60	710	430	280
1/2	64	1,000	640	360
3/4	66	1,290	850	440
1	70	1,820	1,280	540
1 1/4	72	2,680	1,930	750
1 1/2	79	3,220	2,540	680
2	80	4,770	3,820	950
3	81	6,380	5,100	1,280
5	82	9,450	7,650	1,800
7 1/2	85	15,600	12,800	2,800
10	85	22,500	19,100	3,400
15	86	30,000	25,500	4,500
20	87	44,500	38,200	6,300
25	87	58,500	51,000	7,500
30	88	72,400	63,600	8,800
40	89	85,800	74,400	9,400
50	89	115,000	102,000	13,000
60	89	143,000	127,000	16,000
75	89	172,000	153,000	19,000
100	90	212,000	191,000	21,000
125	90	284,000	255,000	29,000
150	90	354,000	318,000	36,000
200	91	420,000	382,000	38,000
250	91	560,000	510,000	50,000
300	91	700,000	636,000	64,000

\*For intermittent operation, an appropriate usage factor should be used, preferably measured.  
 †If motors are overloaded and amount of overloading is unknown, multiply the above heat gain factors by the following maximum service factors:  
 Maximum Service Factors

Fuente: Carrier, 2001, p.90

### ANEXO 4: PROPIEDADES DEL AIRE A DIFERENTES TEMPERATURAS

Temperatura <i>T</i> (°C)	Densidad <i>ρ</i> (kg/m³)	Peso específico <i>γ</i> (N/m³)	Viscosidad dinámica <i>μ</i> (Pa · s)	Viscosidad cinemática <i>ν</i> (m²/s)
-40	1.514	14.85	$1.51 \times 10^{-5}$	$9.98 \times 10^{-6}$
-30	1.452	14.24	$1.56 \times 10^{-5}$	$1.08 \times 10^{-5}$
-20	1.394	13.67	$1.62 \times 10^{-5}$	$1.16 \times 10^{-5}$
-10	1.341	13.15	$1.67 \times 10^{-5}$	$1.24 \times 10^{-5}$
0	1.292	12.67	$1.72 \times 10^{-5}$	$1.33 \times 10^{-5}$
10	1.247	12.23	$1.77 \times 10^{-5}$	$1.42 \times 10^{-5}$
20	1.204	11.81	$1.81 \times 10^{-5}$	$1.51 \times 10^{-5}$
30	1.164	11.42	$1.86 \times 10^{-5}$	$1.60 \times 10^{-5}$
40	1.127	11.05	$1.91 \times 10^{-5}$	$1.69 \times 10^{-5}$
50	1.092	10.71	$1.95 \times 10^{-5}$	$1.79 \times 10^{-5}$
60	1.060	10.39	$1.99 \times 10^{-5}$	$1.89 \times 10^{-5}$
70	1.029	10.09	$2.04 \times 10^{-5}$	$1.99 \times 10^{-5}$
80	0.9995	9.802	$2.09 \times 10^{-5}$	$2.09 \times 10^{-5}$
90	0.9720	9.532	$2.13 \times 10^{-5}$	$2.19 \times 10^{-5}$
100	0.9459	9.277	$2.17 \times 10^{-5}$	$2.30 \times 10^{-5}$
110	0.9213	9.034	$2.22 \times 10^{-5}$	$2.40 \times 10^{-5}$
120	0.8978	8.805	$2.26 \times 10^{-5}$	$2.51 \times 10^{-5}$

Fuente: Robert Mott. 2004, p.545

### ANEXO 5: RUGOSIDAD DE MATERIALES

Material	Rugosidad, $\epsilon$ (m)	Rugosidad, $\epsilon$ (pie)
Vidrio, plástico	Suavidad	Suavidad
Cobre, latón, plomo (tubería)	$1.5 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$
Hierro fundido: sin revestir	$2.4 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-4}$
Hierro fundido: revestido de asfalto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
Acero comercial o acero soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro forjado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
Concreto	$1.2 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$

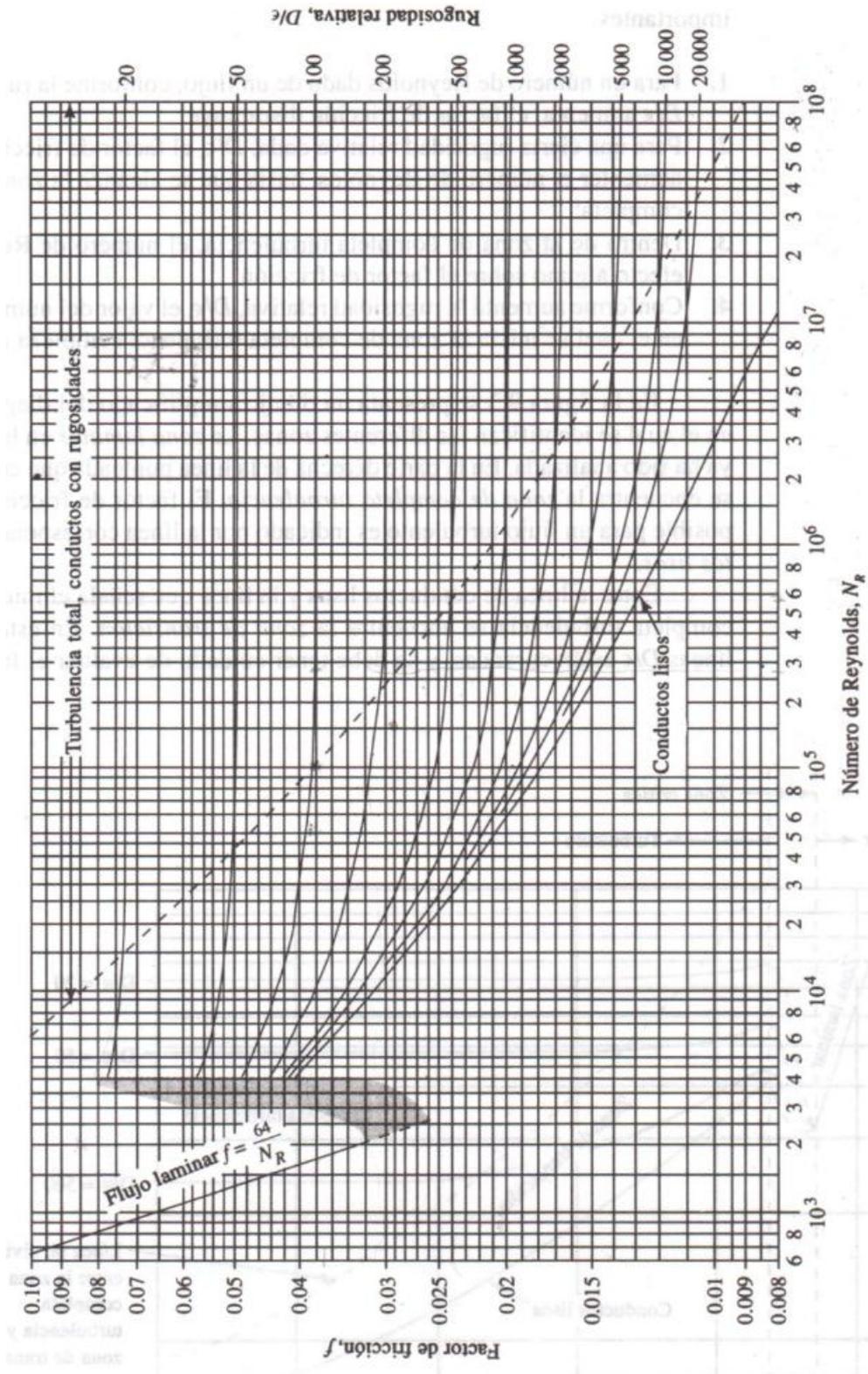
Fuente: Robert Mott. 2004, p.890

### ANEXO 6: UNIDADES Y CONDICIONES SUPUESTAS PARA LAS GRÁFICAS DE FRICCIÓN

	Sistema Británico de Unidades	Unidades SI
Velocidad de flujo	pies <sup>3</sup> /min (cfm)	m <sup>3</sup> /s
Pérdida por fricción, $h_L$	pulg de agua por 100 pies (pulg H <sub>2</sub> O/100 pies)	Pa/m
Velocidad	pies/min	m/s
Diámetro del ducto	pulg	mm
Peso específico del aire	0.075 lb/pies <sup>3</sup>	11.81 N/m <sup>3</sup>
Rugosidad en la superficie del ducto	$5 \times 10^{-4}$ pies	$1.5 \times 10^{-4}$ m
Condiciones del aire	14.7 lb/pulg <sup>2</sup> absolutas; 68 °F	101.3 kPa; 20 °C

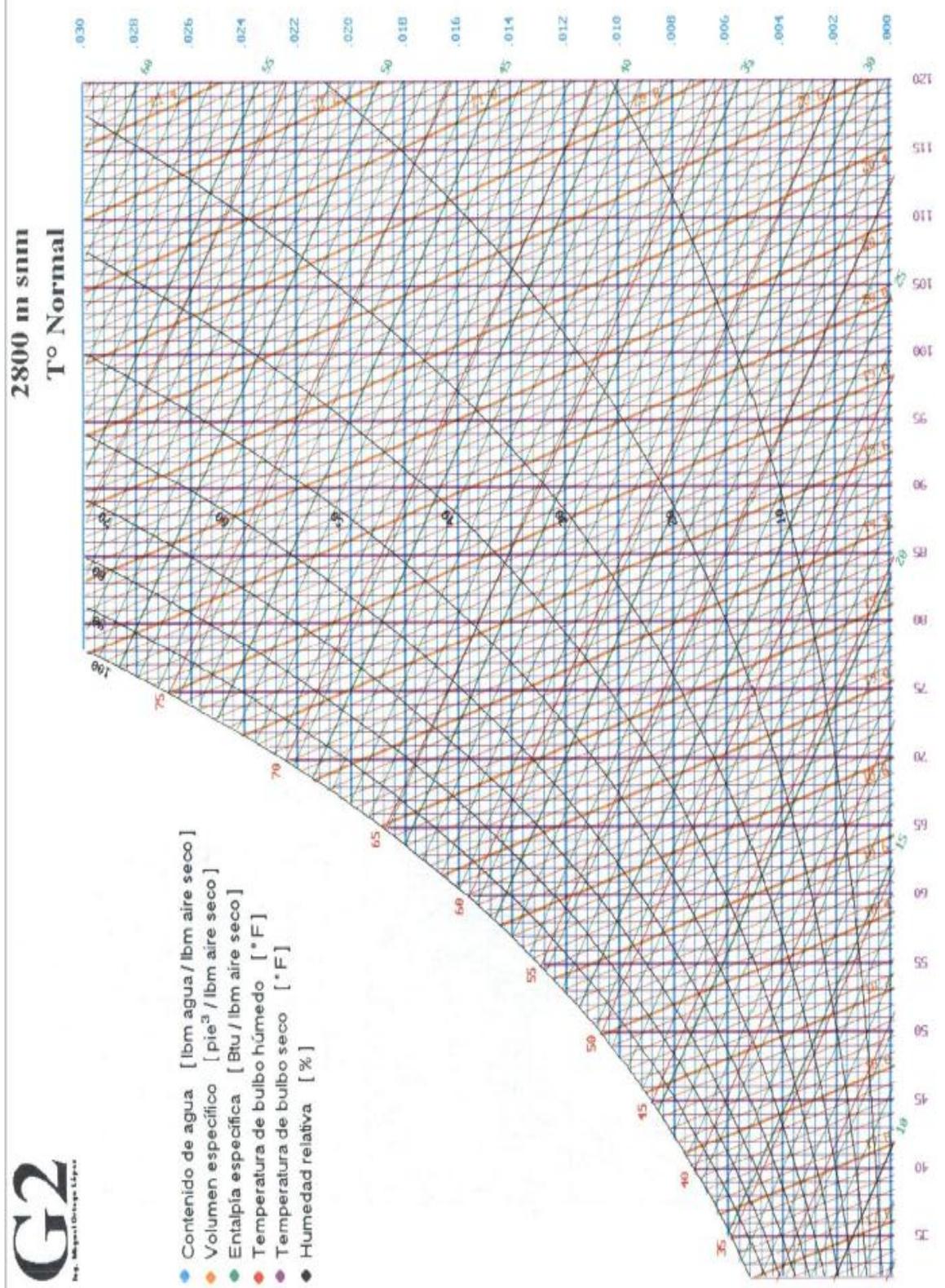
Fuente: Robert Mott.2004, p.879

## ANEXO 7: DIAGRAMA DE MOODY



Fuente: Robert Mott.2004, p.321

## ANEXO 8: TABLA PSICROMETRICA 2800 MSNM



**Fuente:** Escuela Politécnica Nacional

## ANEXO 9: CATÁLOGO DE MOTORES TRIFÁSICOS

HP	kW	F.S.	In a 220 V Amp.	In a 440 V Amp.	rpm	Eficiencia $\eta$ %	Torque nominal Nm	Momento de inercia de $Kgm^2$	Torque de arranque de $Tn$	Intensidad como fac. de In	Peso aprox. kg
0.40	0.29	1.05	1.6	0.80	1640	66.0	1.74	0.0006	1.8	2.8	4.7
0.50	0.37	1.15	1.9	0.95	1590	66.0	2.20	0.0006	1.3	2.7	5.5
0.60	0.45	1.05	2.2	1.10	1645	69.0	2.60	0.0008	1.8	3.4	6.0
0.75	0.56	1.15	2.9	1.45	1650	65.0	3.30	0.0008	1.9	3.7	6.0
0.90	0.67	1.05	3.1	1.55	1675	68.0	3.83	0.0015	2.3	4.4	8.1
1.00	0.75	1.15	3.5	1.75	1660	69.2	4.29	0.0015	1.9	3.7	8.1
1.20	0.90	1.05	4.0	2.00	1675	70.0	5.10	0.0018	2.2	3.7	9.3
1.50	1.12	1.15	5.0	2.5	1650	72.0	6.48	0.0018	1.8	3.0	9.3
1.80	1.34	1.05	6.4	3.2	1700	77.0	7.54	0.0028	2.4	5.2	11.9
2.00	1.50	1.15	7.0	3.5	1700	77.0	8.38	0.0028	2.2	4.4	12.1
2.40	1.79	1.05	7.4	3.7	1690	77.0	10.12	0.0035	2.0	4.5	14.9
3.00	2.20	1.15	9.6	4.8	1708	79.0	12.51	0.0035	1.8	3.6	14.9
4.00	3.00	1.15	13.0	6.5	1750	76.3	16.28	0.0048	2.2	5.6	27.1
5.00	3.73	1.15	15.8	7.9	1750	80.5	20.36	0.0058	2.3	6.5	28.7
6.60	4.92	1.05	19.6	9.8	1745	78.0	26.95	0.011	2.0	6.0	31.0
7.50	5.60	1.15	23.2	11.6	1740	80.0	30.71	0.011	2.2	5.6	32.7
10.00	7.50	1.15	28.8	14.4	1750	81.0	41.50	0.018	2.3	6.0	46.5
12.00	9.00	1.05	34.0	17.0	1750	81.2	49.50	0.024	2.5	6.6	49.0
15.00	11.2	1.15	43.0	21.5	1750	82.5	62.00	0.024	1.8	5.0	62.0
20.00	14.9	1.15	53.0	26.5	1760	85.0	80.96	0.040	1.8	6.3	77.5
25.00	18.7	1.15	64.0	32.0	1755	89.0	101.5	0.052	1.8	5.4	85.5

Fuente: Siemens, 2012p. 10

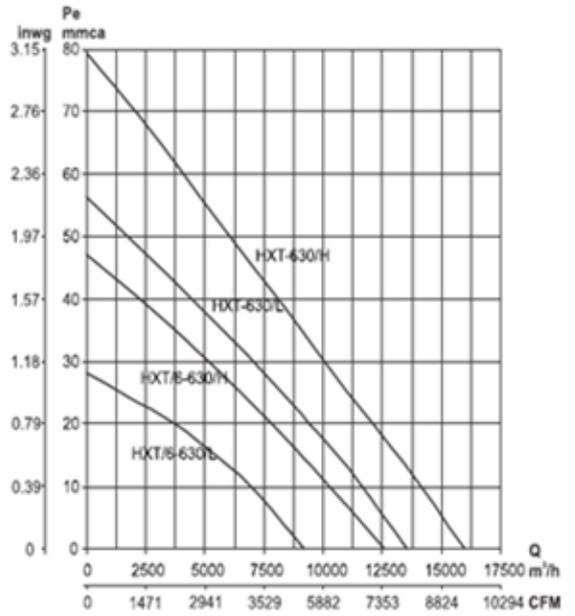
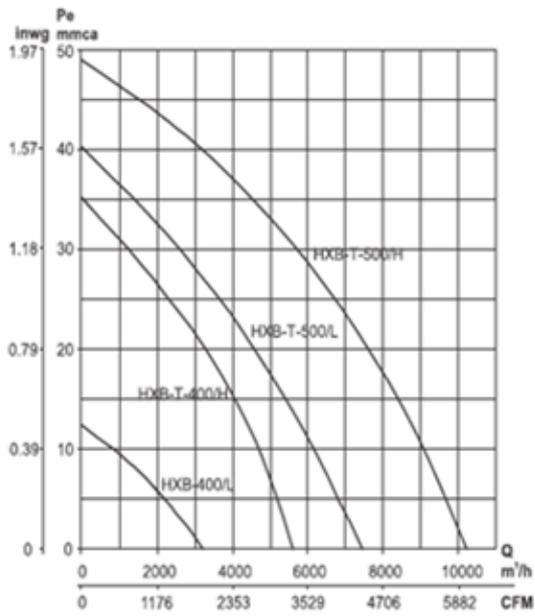
**ANEXO 10: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE VENTILADORES AXIALES  
SERIE HXB**



# HXB-T

EXTRACTORES AXIALES  
400,500 y 630 mm. de diámetro

**CURVAS CARACTERÍSTICAS**



**Fuente:** Soler & Palau, 2010, p. 88

# ANEXO 11: CARACTERÍSTICAS VENTILADORES CENTRÍFUGOS DOBLE ASPIRACIÓN DA 15/15



## DA 15/15

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Diámetro de la turbina: 382 mm (15 1/16 inch)  
 Diámetro de flecha: 25.4 mm (1 inch)

Área de salida: 0.1903 m<sup>2</sup> (2.048 ft<sup>2</sup>)  
 BHP máximos: 12.52

Amazón máximo de motor: 254T  
 RPM máximas: 1200  
 Peso del equipo: 28 Kg (61.6 Lbs)

RPM	6.35 mm / 0.250"		7.93 mm / 0.312"		9.53 mm / 0.375"		11.11 mm / 0.437"		12.70 mm / 0.500"		14.29 mm / 0.562"		15.87 mm / 0.625"		19.05 mm / 0.750"		20.63 mm / 0.812"		23.81 mm / 0.937"		25.40 mm / 1.000"		28.57 mm / 1.125"	
	CFM m <sup>3</sup> /hr	BHP dB(A)																						
400	3459	0.40	3160	0.35																				
425	5980	0.70	5400	0.65																				
450	3776	0.50	3566	0.45	3231	0.39																		
450	6412	0.72	6655	0.72	5466	0.69																		
450	4078	0.62	3806	0.57	3673	0.51	3271	0.42																
475	6024	0.74	6632	0.74	6237	0.72	5554	0.70																
475	4370	0.74	4221	0.70	4037	0.65	3786	0.58	3308	0.46														
500	7420	0.75	7167	0.75	6655	0.74	6429	0.73	5617	0.70														
500	4654	0.88	4524	0.84	4368	0.79	4174	0.73	3912	0.66	3264	0.50												
500	7942	0.77	7682	0.77	7426	0.75	7067	0.75	6650	0.73	5993	0.71												
525	4934	1.04	4816	1.00	4690	0.95	4520	0.89	4324	0.83	4046	0.74												
550	8378	0.78	8178	0.78	7947	0.77	7675	0.77	7342	0.75	6870	0.75												
550	5240	1.21	5103	1.17	4981	1.12	4842	1.07	4682	1.01	4479	0.93	4199	0.84										
575	8647	0.79	8665	0.80	8458	0.78	8222	0.78	7950	0.77	7605	0.77	7130	0.76										
575	5483	1.40	5384	1.36	5274	1.31	5151	1.26	5013	1.20	4849	1.13	4648	1.05										
600	9310	0.80	9142	0.81	8955	0.80	8746	0.80	8512	0.79	8234	0.79	7882	0.78										
600	5753	1.81	5661	1.57	5560	1.52	5449	1.46	5328	1.41	5188	1.34	5026	1.27	4548	1.06	3865	0.83						
625	9180	0.81	9612	0.82	9452	0.81	9252	0.81	9058	0.80	8809	0.81	8534	0.80	7732	0.77	6963	0.75						
625	6021	1.84	5936	1.79	5842	1.74	5741	1.69	5631	1.63	5508	1.57	5371	1.50	5012	1.34	4742	1.22						
650	10236	0.82	10079	0.83	9931	0.82	9748	0.82	9573	0.81	9353	0.82	9120	0.81	8520	0.79	8052	0.79						
650	6288	2.08	6206	2.03	6120	1.98	6027	1.93	5927	1.88	5817	1.81	5696	1.75	5400	1.60	5206	1.50	4507	1.16				
675	10960	0.83	10541	0.84	10404	0.83	10234	0.83	10076	0.82	9877	0.83	9672	0.83	9180	0.80	8640	0.81	7653	0.78				
675	6554	2.35	6478	2.30	6386	2.25	6309	2.19	6217	2.14	6116	2.08	6008	2.01	5753	1.87	5504	1.78	5159	1.56	4795	1.38		
700	11142	0.84	11000	0.85	10873	0.84	10713	0.84	10569	0.83	10385	0.84	10202	0.84	9780	0.82	9204	0.83	8777	0.81	8152	0.78		
700	8818	2.63	8746	2.58	8666	2.53	8587	2.48	8502	2.42	8409	2.36	8311	2.30	8085	2.16	7807	2.07	7522	1.88	7067	1.76	5967	1.58
700	11591	0.85	11455	0.86	11337	0.85	11195	0.85	11053	0.84	10882	0.85	10716	0.85	10345	0.83	10783	0.84	9546	0.83	9177	0.80	8604	0.81

Fuente: Soler & Palau, 2010, p. 88

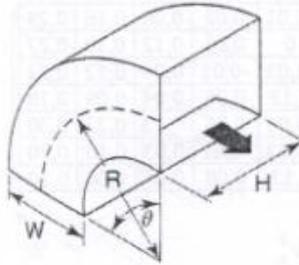
**ANEXO 12: DIMENSIONES DE CONDUCTOS, ÁREA DE LA SECCIÓN,  
DIÁMETRO EQUIVALENTE Y TIPO DE CONDUCTOS**

CONDUCTO (mm.)	400		450		500		550		600	
	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ	S	φ
250										
300										
350										
400	0.154	445								
450	0.173	470	0.196	507						
500	0.192	496	0.216	526	0.242	556				
550	0.210	518	0.238	551	0.264	582	0.292	672		
600	0.229	541	0.257	574	0.288	607	0.316	638	0.346	666
650	0.246	561	0.278	597	0.310	630	0.341	664	0.373	692
700	0.265	582	0.301	620	0.333	655	0.363	689	0.401	716
750	0.283	602	0.320	640	0.360	677	0.392	717	0.433	745
800	0.301	620	0.341	667	0.381	698	0.418	734	0.457	765
850	0.318	637	0.360	678	0.404	779	0.443	756	0.485	788
900	0.336	656	0.378	696	0.424	736	0.467	775	0.517	813
950	0.352	671	0.398	774	0.448	757	0.494	798	0.542	834
1000	0.368	686	0.418	732	0.469	775	0.517	816	0.569	853
1050	0.384	707	0.436	741	0.492	793	0.540	834	0.597	874
1100	0.401	776	0.453	762	0.513	810	0.563	852	0.624	894
1150	0.416	729	0.472	777	0.534	825	0.686	869	0.652	914
1200	0.430	742	0.491	793	0.553	841	0.611	887	0.675	930
1250	0.448	757	0.510	808	0.573	856	0.633	903	0.702	949
1300	0.463	770	0.530	824	0.594	871	0.656	975	0.728	966
1350	0.478	782	0.546	836	0.614	896	0.879	935	0.755	984
1400	0.492	793	0.563	849	0.636	902	0.702	957	0.779	999
1450	0.507	806	0.580	862	0.654	975	0.724	965	0.798	1011
1500	0.523	879	0.802	876	0.673	927	0.747	983	0.822	1027
1600	0.548	841	0.636	902	0.714	956	0.790	1008	0.872	1057
1700	0.580	862	0.665	923	0.752	981	0.831	1034	0.923	1088
1800	0.810	885	0.697	946	0.786	1004	0.676	1063	0.961	1775
1900	0.632	900	0.735	971	0.824	1029	0.923	1088	0.998	1147
2000	0.670	925	0.766	991	0.853	1052	0.961	1113	1.063	1168
2100	0.698	946	0.792	1008	0.900	1075	0.993	1133	1.108	1192
2200	0.730	966	0.827	1030	0.934	1095	1.035	1152	1.155	1277
2300	0.753	982	0.368	1055	0.962	1113	1.081	1177	1.192	1237
2400	0.778	996	0.893	1070	0.999	1130	1.118	1200	1.226	1258
2500	0.787	7020	0.907	1080	1.045	1155	1.138	1210	1.285	1285
2600	0.324	1030	0.940	1705	1.072	1172	1.202	1240	1.350	1315
2700	0.852	1045	0.952	1179	1.110	1194	1.238	1267	1.368	1325
2800	0.880	7063	1.005	1735	1.138	1205	1.275	1278	1.396	1348
2900	0.906	1078	1.040	1158	1.165	1222	1.320	1303	1.460	1370
3000	0.925	1090	1.065	1168	1.210	1248	1.330	1308	1.497	1387
3100	0.940	1105	1.100	1785	1.233	1260	1.387	1331	1.535	1402
3200	0.953	1120	1.120	1197	1.277	1279	1.432	1353	1.580	1425
3300			1.156	1276	1.302	1292	1.460	1368	1.608	1486
3400			1.185	1237	1.334	1370	1.493	1380	1.655	1456
3500			1.220	1247	1.352	1321	1.525	1397	1.710	1478
3600			1.230	1252	1.397	1344	1.551	1414	1.738	1490

Fuente: Cano Pina, 2007 p. 149

## ANEXO 13: COEFICIENTES DE PERDIDA EN ACCESORIOS

### TABLAS DE COEFICIENTES DE PÉRDIDA EN ACCESORIOS (CONDUCTOS DE AIRE)



$\theta = 90^\circ$

r/W	H/W										
	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
0,5	1,5	1,40	1,30	1,20	1,10	1,10	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83
0,75	0,57	0,52	0,48	0,44	0,40	0,39	0,39	0,40	0,42	0,43	0,44
1	0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,27	0,21
1,5	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

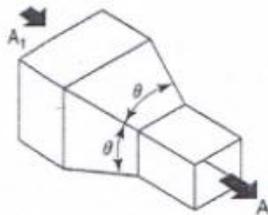
#### Codo rectangular (radio suave)



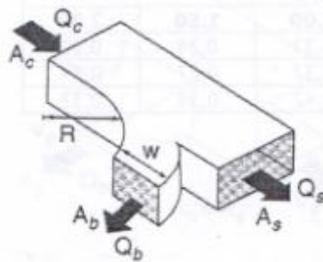
A <sub>1</sub> /A	$\theta$						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

( $v_p$  = velocidad en la sección A)



#### Contracciones



$R/W = 10$

(90°)

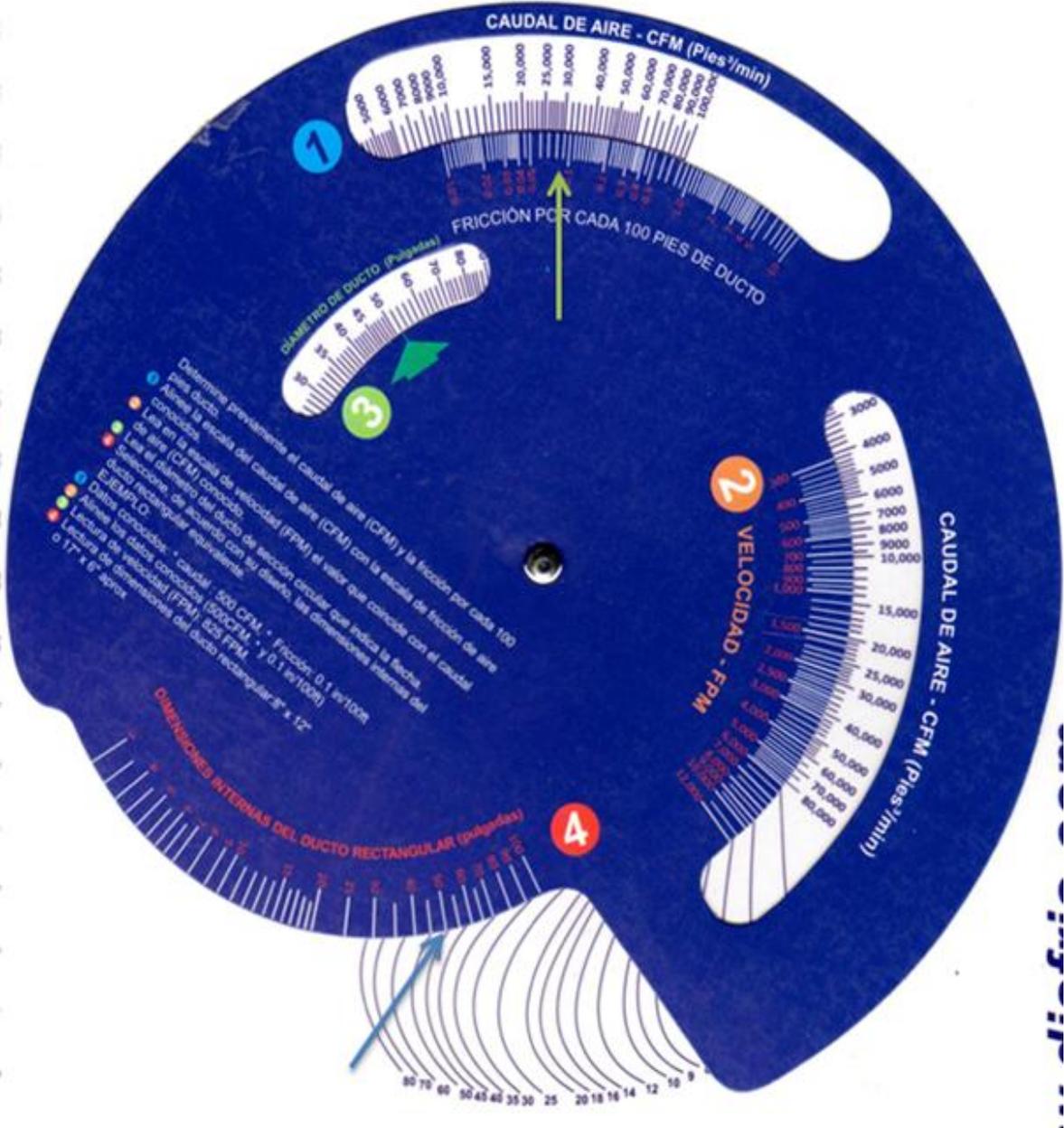
A <sub>b</sub> /A <sub>s</sub>	A <sub>b</sub> /A <sub>c</sub>	Q <sub>b</sub> /Q <sub>c</sub>							
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,25	0,25	0,55	0,50	0,60	0,85	1,2	1,8	3,1	4,4
0,35	0,25	0,35	0,35	0,50	0,80	1,3	2,0	2,8	3,8
0,50	0,50	0,62	0,48	0,40	0,40	0,48	0,60	0,78	1,1
0,67	0,50	0,52	0,40	0,32	0,30	0,34	0,44	0,62	0,92
1,0	0,50	0,44	0,38	0,38	0,41	0,52	0,68	0,92	1,2
1,0	1,0	0,67	0,55	0,46	0,37	0,32	0,29	0,29	0,30
1,33	1,0	0,70	0,60	0,51	0,42	0,34	0,28	0,26	0,26
2,0	1,0	0,60	0,52	0,43	0,33	0,24	0,17	0,15	0,17

$$\Delta P = C \rho \frac{v_p^2}{2}$$

#### C en derivación

Fuente: Cano Pina, 2007 p. 149

ANEXO 14: DUCTULADOR



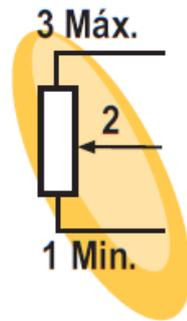
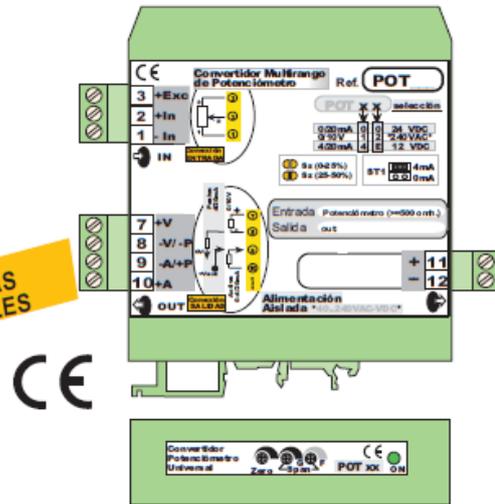
Fuente: Catalogo Engineering Solutions Disfrío group

# ANEXO 15: CARACTERISTICAS DE CONTROLODAR AK-HS-1000

## CONVERTIDOR DE Potenciómetro POSICIÓN

Salida Multirango CONFIGURABLE  
0/10V, 0-4/20mA, ...

CON BORNAS ENCHUFABLES



### DESCRIPCIÓN

Convertidor de señal de Posición captada por un Potenciómetro, a señal configurable de 0-4/20mA, ó 0/10V. La salida está linealizada con la entrada. Disponen de ajuste de SPAN y CERO. Pueden absorber un rango de Tara.

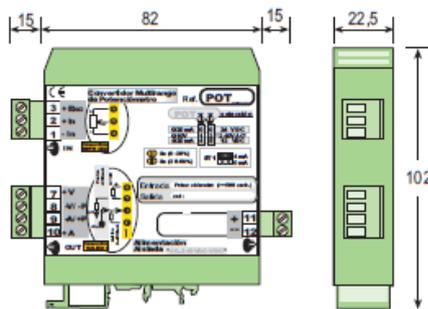
### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Tensión de alimentación	230 VAC (+/-10%) Ó 24 VDC (+/-10%)
- Temperatura de trabajo	-10° ... +60° C
- Tª de almacenamiento	-40 / +80 °C
- Coeficiente de Tª	50 ppm / °C
- Máximo error global a 25°C	< 0,1%
- Máximo error de compensación de linealidad	< 0,08%
- Estabilidad Térmica	0,01% cada °C
- Tiempo de calentamiento	5 minutos
- Acceso exterior de ajuste de SPAN y CERO	

### CUMPLIMIENTO NORMATIVAS

Compatibilidad electromagnética	Directiva 2004 / 108 / CE
Baja tensión para amb. industriales.	Directiva 2006 / 95 / CEE
Emisiones electromagnéticas	Norma UNE-EN 50081-2
Inmunidad electromagnética	Norma UNE-EN 50082-2
Recogida selec. de aparatos elec.	Directiva 2002 / 96 / CE

### DIMENSIONES (mm)



### CARACT. MECÁNICAS

Protección:	IP 20
Cable conexión:	<2,5mm, 12 AWG
Caja:	Poliamida UL94. V2
Peso:	max. 75 / 120 gr.
Sujeción a rai:	EN 50035, EN 50022

### MODELOS

SALIDA	24VDC	230VAC
4 / 20 mA	POT40	POT42
0 / 10V	POT10	POT12
0 / 20 mA	POT00	POT02

02.a2-Pag1

Fuente: Johnson control.2010, p. 145

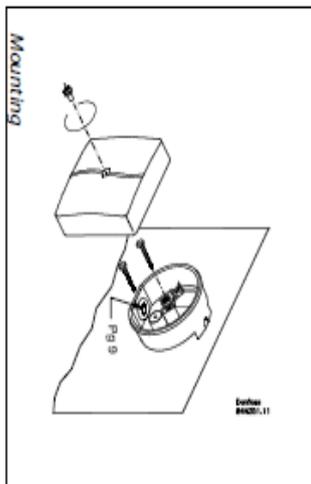
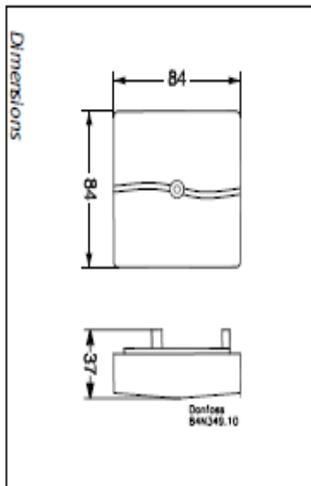
## ANEXO 16: SENSOR DE TEMPERATURA

### Temperatura re sensor type AK-HS 1000



#### Technical data

Nominal resistance	1000 ohm at 0°C	R (Typ) Ohm	Temp. °C	Temp. °F
Measuring accuracy	EN 60751 Class B	1117	30	86
Temperature range	-30 to 50°C	1078	20	68
Cable material	PVC 2 x 0.25 mm <sup>2</sup>	1039	10	50
Sensor cover Sensor bottom	ABS PC (polycarbonate)	1000	0	32
Endurance	IP 54	961	-10	14
Time constant in air	T90 = 3-15 min.	922	-20	-4
		882	-30	-22



#### Ordering

Type	Cable length	Weight approx.	Number	Code no.
AK-HS 1000	5.5 m	200 g	1 pcs.	084N1007 084N1022*

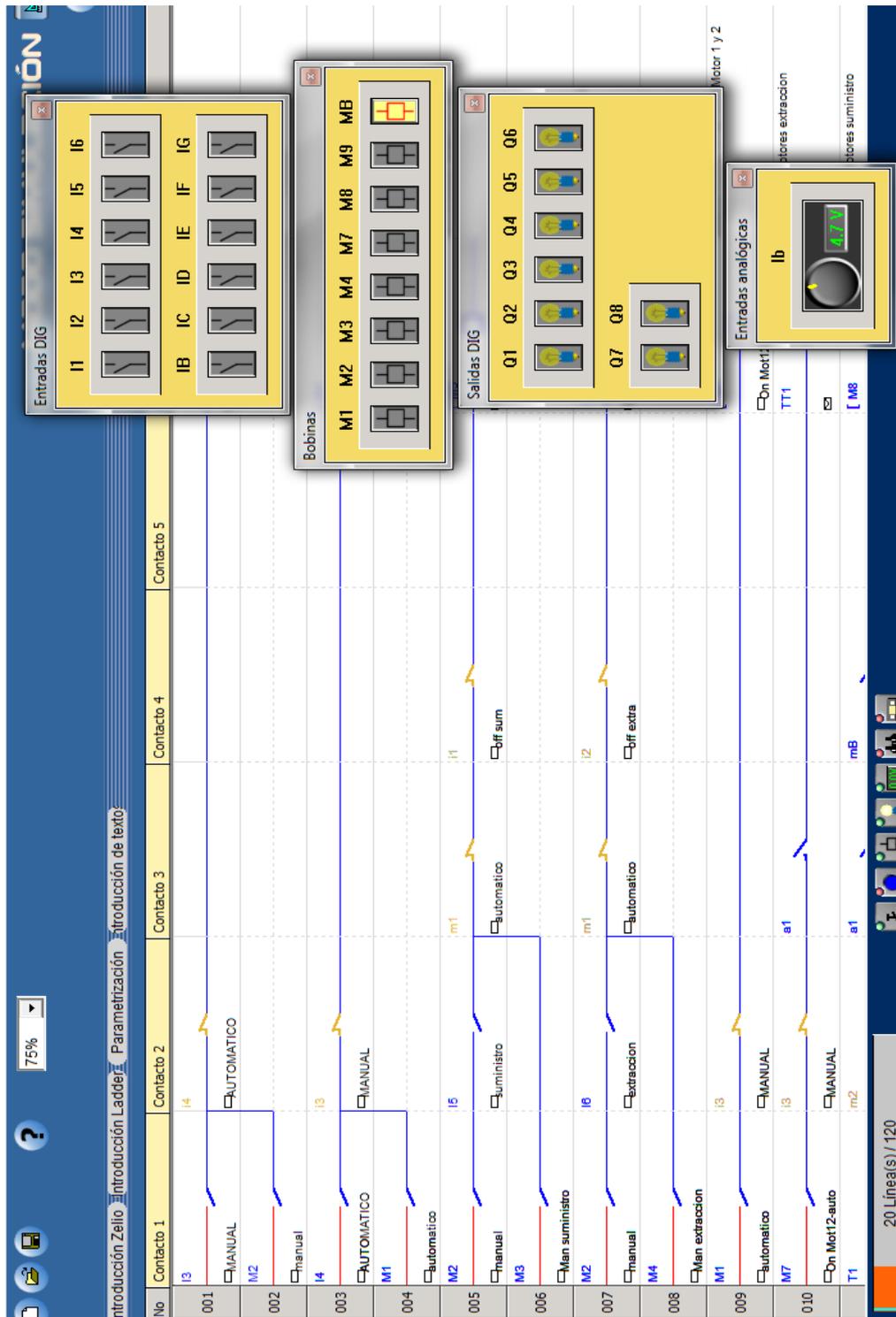
\* This type is certified for controllers with non-galvanic separated power supply

If the cable is lengthened, length and cable square must match so that the overall HACCP requirements of ±1 K are complied with.



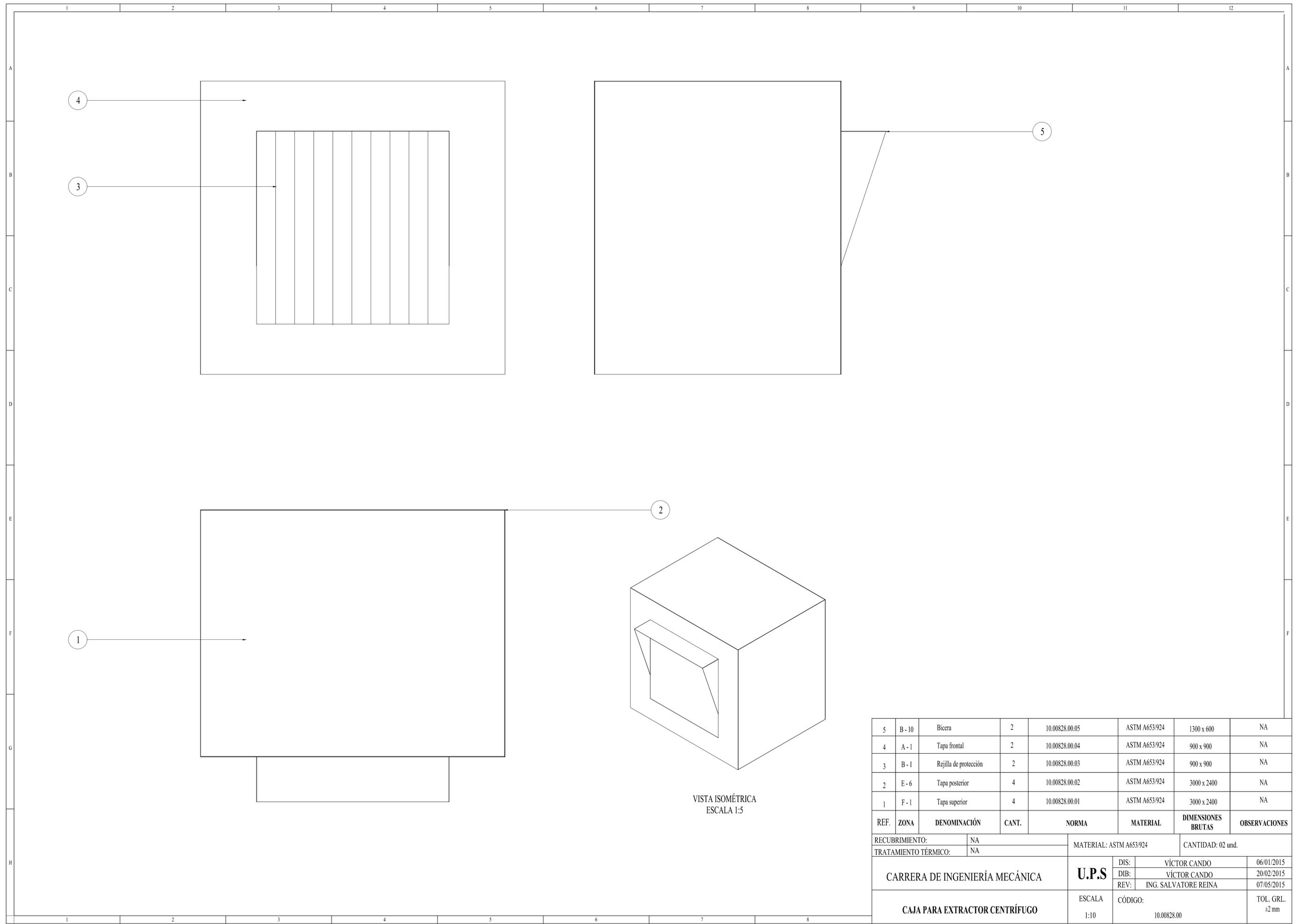
Fuente: Johnson control.2010, p. 342

# ANEXO 17: ESQUEMA ELÉCTRICO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO

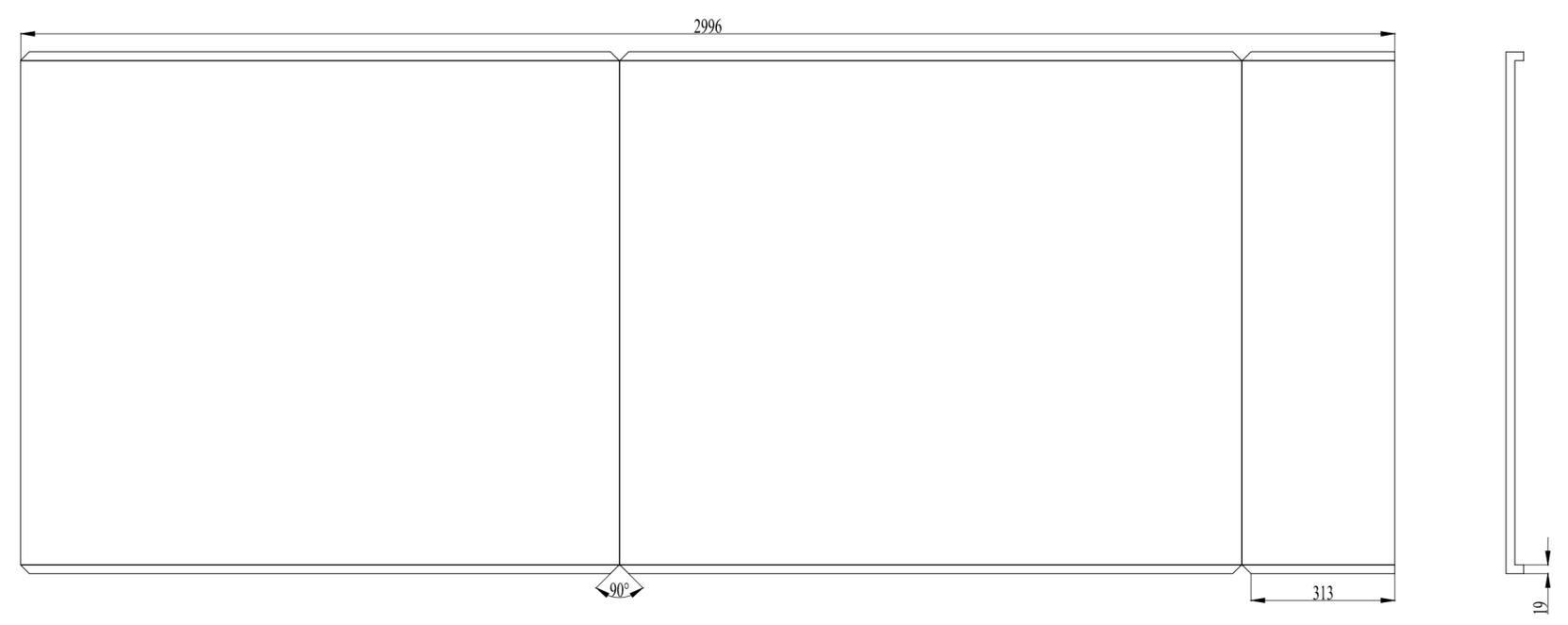
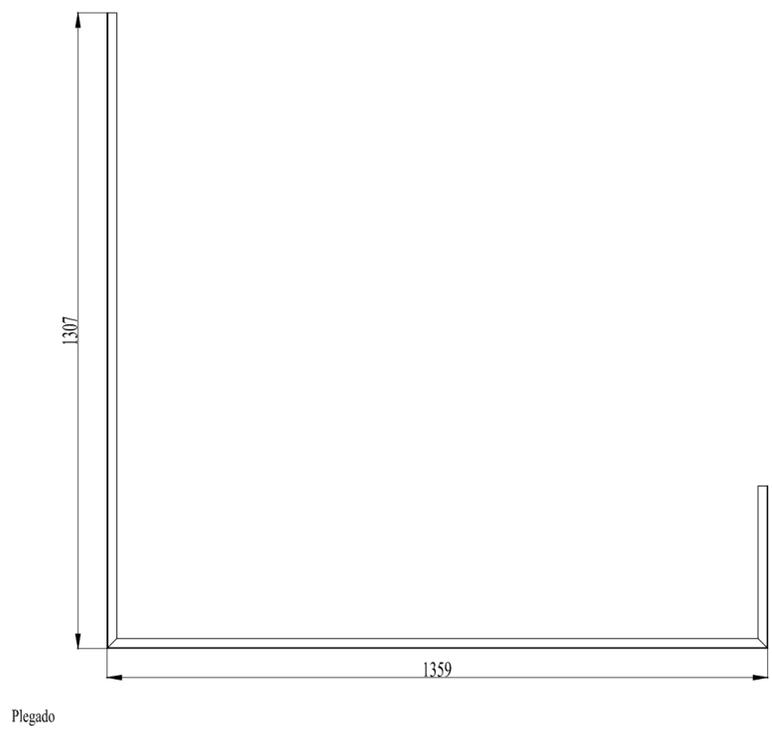


Elaborado por: Víctor Cando

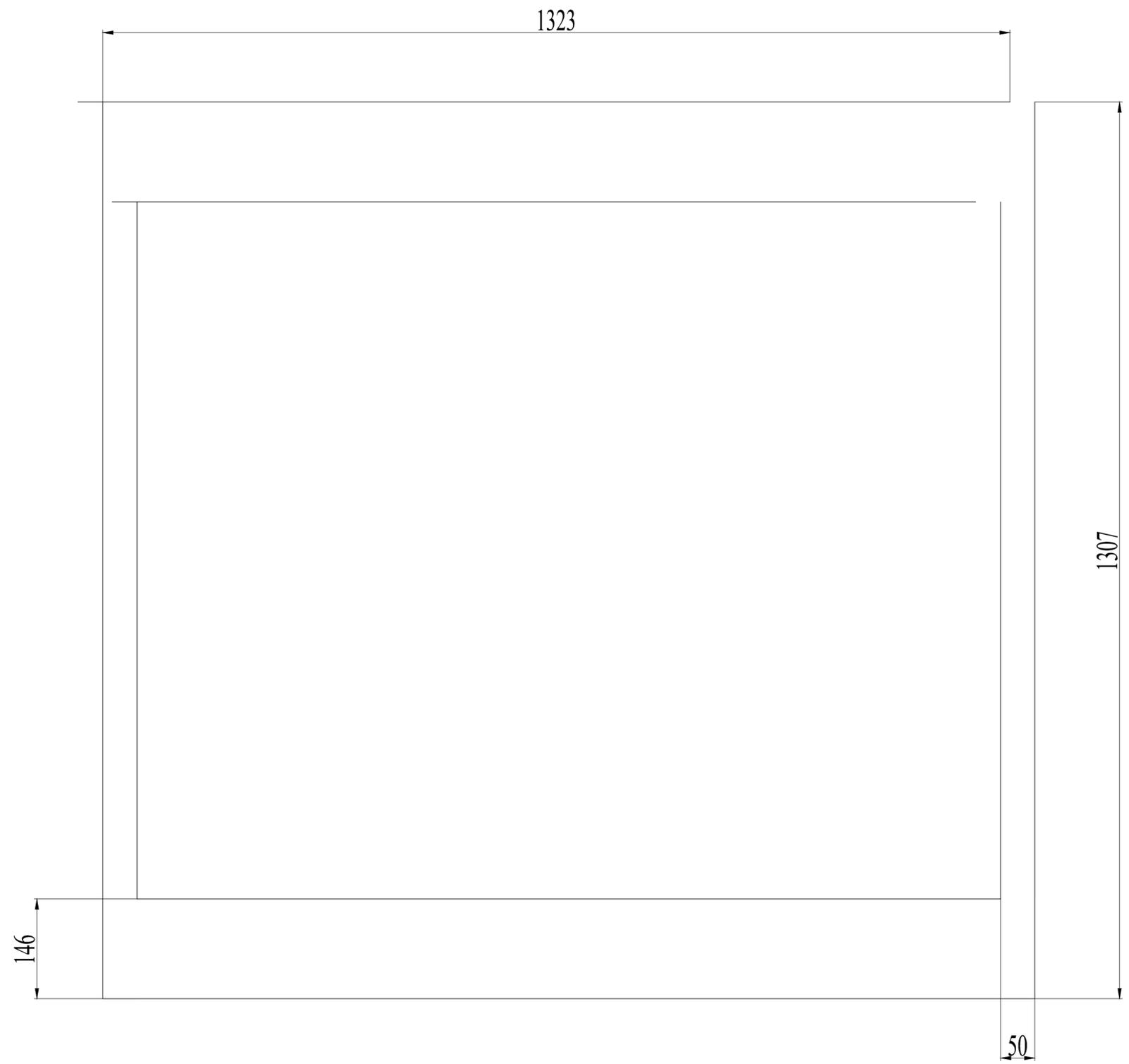
## **PLANOS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN**



REF.	ZONA	DENOMINACIÓN	CANT.	NORMA	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	OBSERVACIONES	
5	B - 10	Bicera	2	10.00828.00.05	ASTM A653/924	1300 x 600	NA	
4	A - 1	Tapa frontal	2	10.00828.00.04	ASTM A653/924	900 x 900	NA	
3	B - 1	Rejilla de protección	2	10.00828.00.03	ASTM A653/924	900 x 900	NA	
2	E - 6	Tapa posterior	4	10.00828.00.02	ASTM A653/924	3000 x 2400	NA	
1	F - 1	Tapa superior	4	10.00828.00.01	ASTM A653/924	3000 x 2400	NA	
RECUBRIMIENTO:				NA	MATERIAL: ASTM A653/924		CANTIDAD: 02 und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:				NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
						DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
						REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
CAJA PARA EXTRACTOR CENTRÍFUGO					ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
					1:10	10.00828.00	±2 mm	

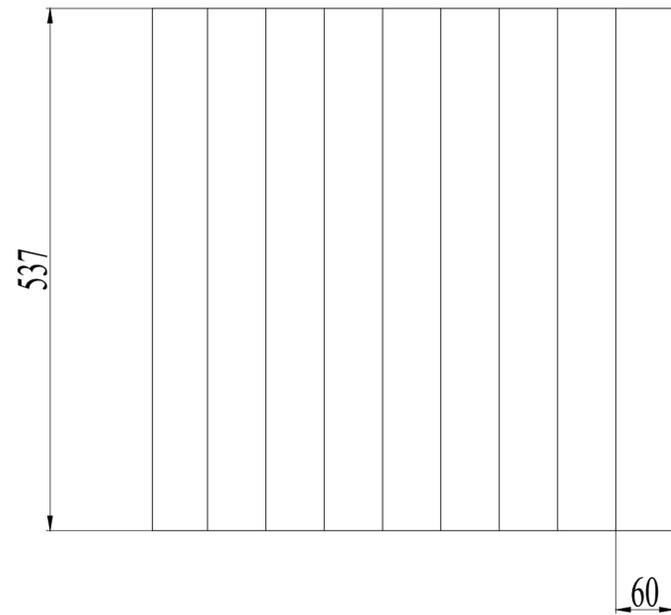
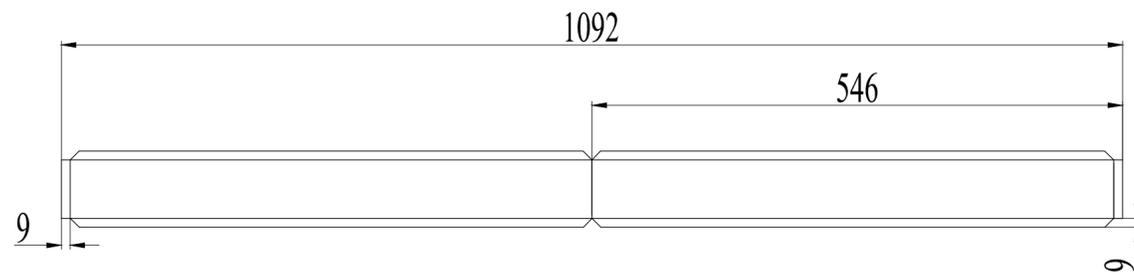


RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A635/924	CANTIDAD:	04 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
TAPA SUPERIOR		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
			1:10	10.00828.00.01	±2 mm

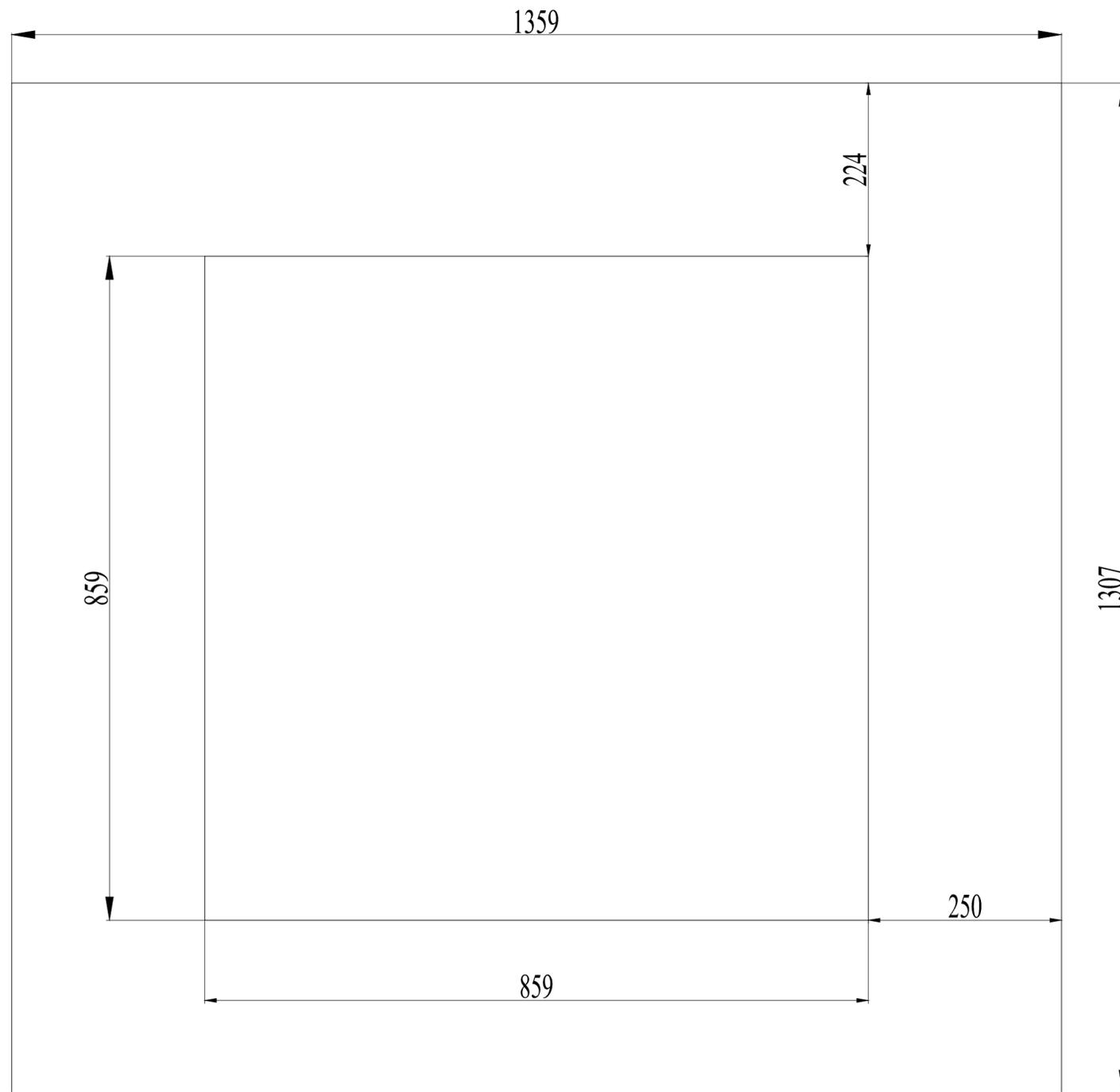


VISTA

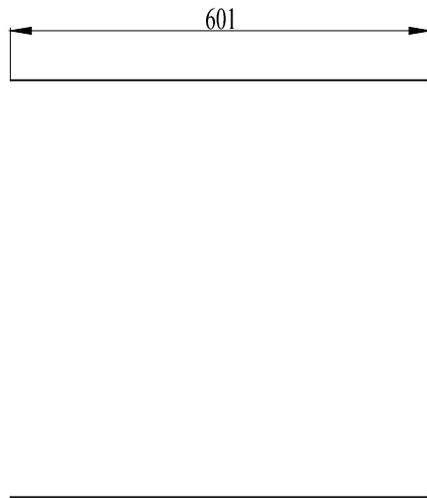
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A635/924	CANTIDAD:	02 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
<b>TAPA POSTERIOR</b>		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.00.02	±2 mm	



RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	02 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
REJILLA DE PROTECCIÓN		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.00.03	±2 mm	



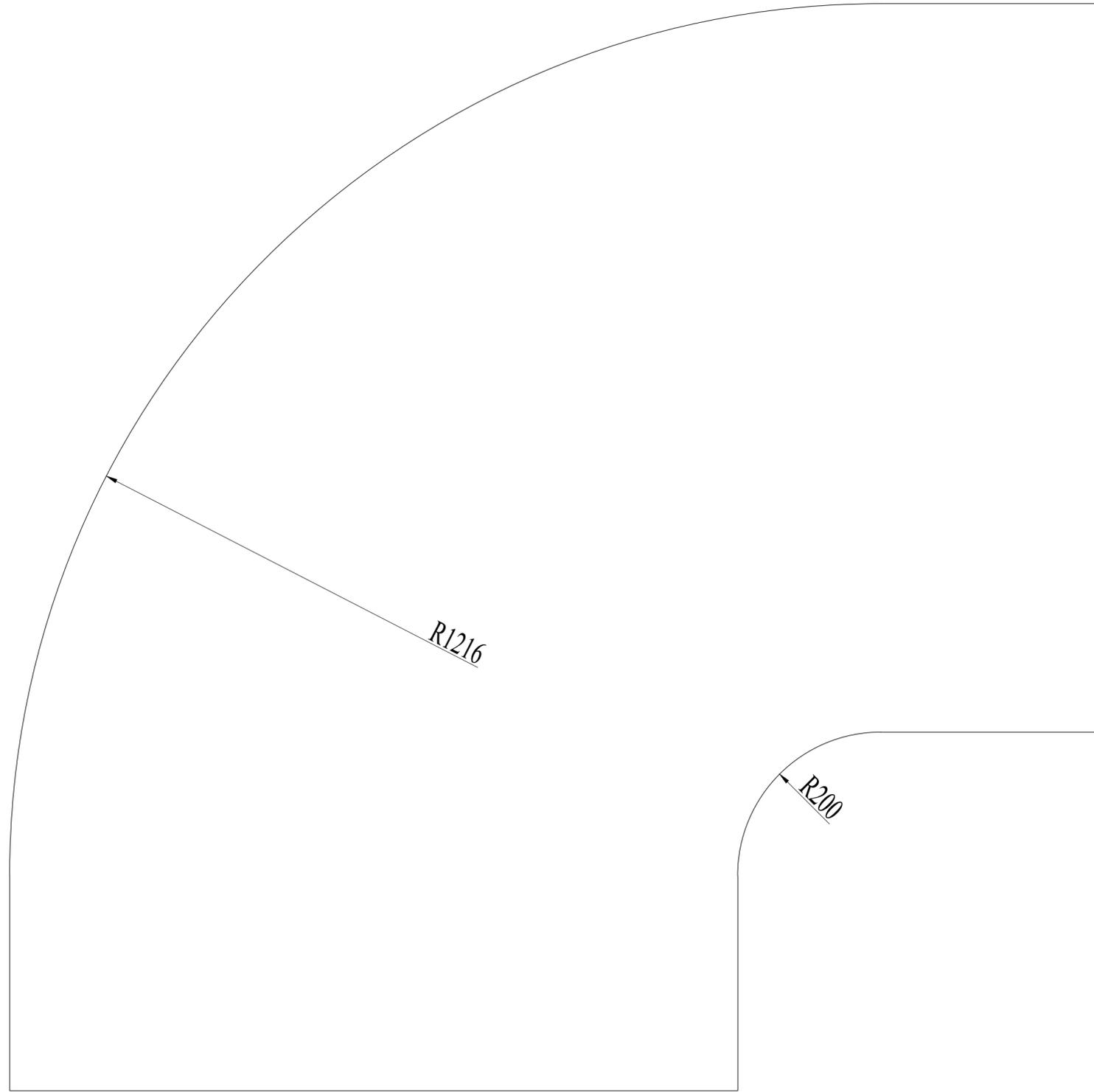
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	AISI - 01		CANTIDAD:	02und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA	CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015	
				DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015	
				REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015	
		TAPA FRONTAL		ESCALA:	CÓDIGO:		TOL. GRL.
				1:5	10.00828.00.04		±2 mm



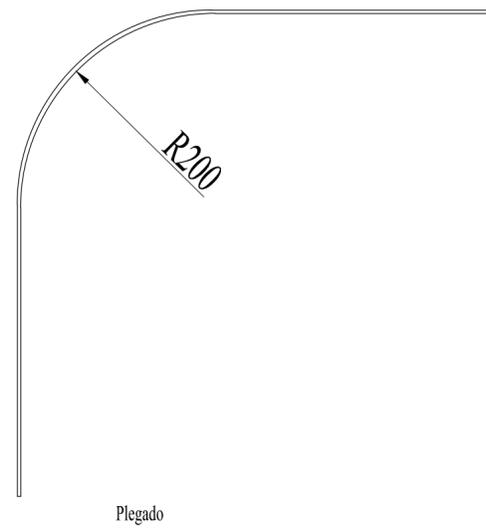
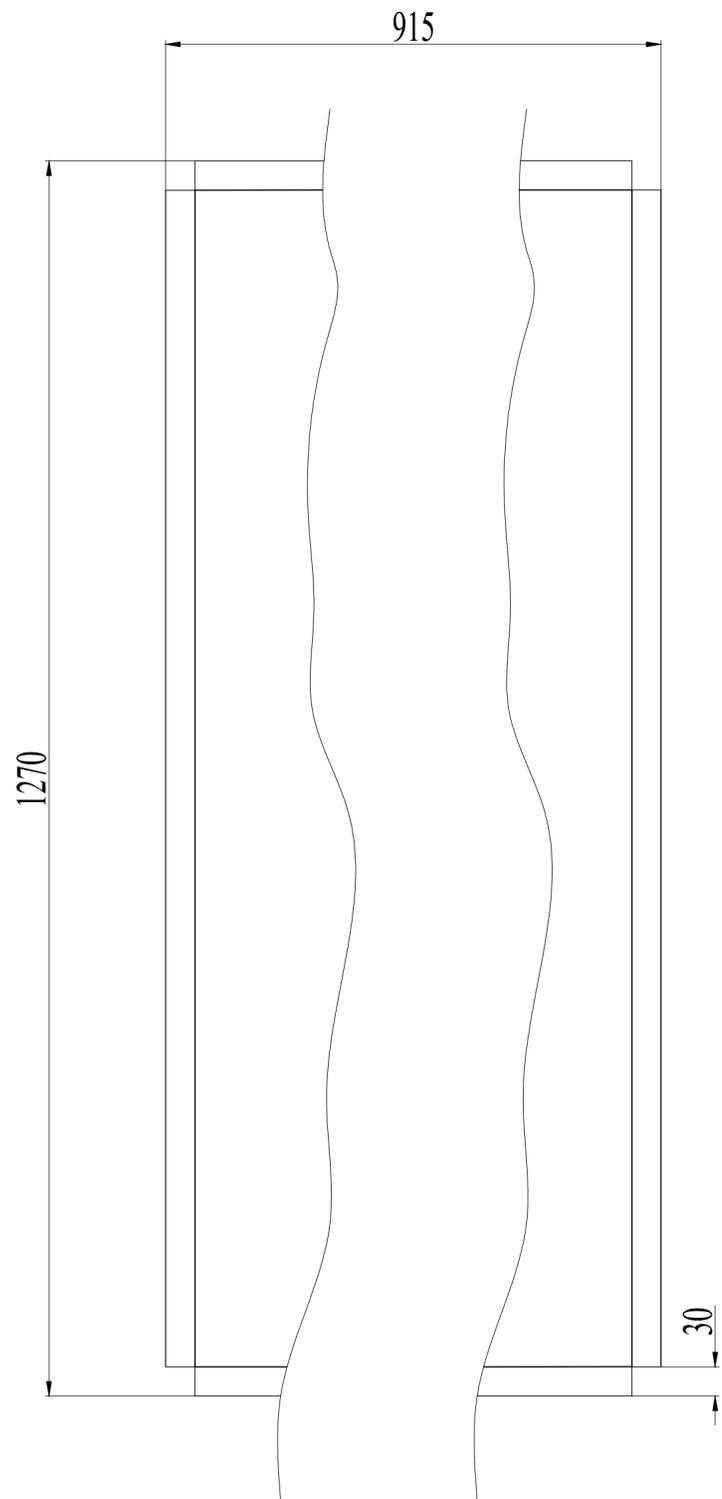
PLEGADO



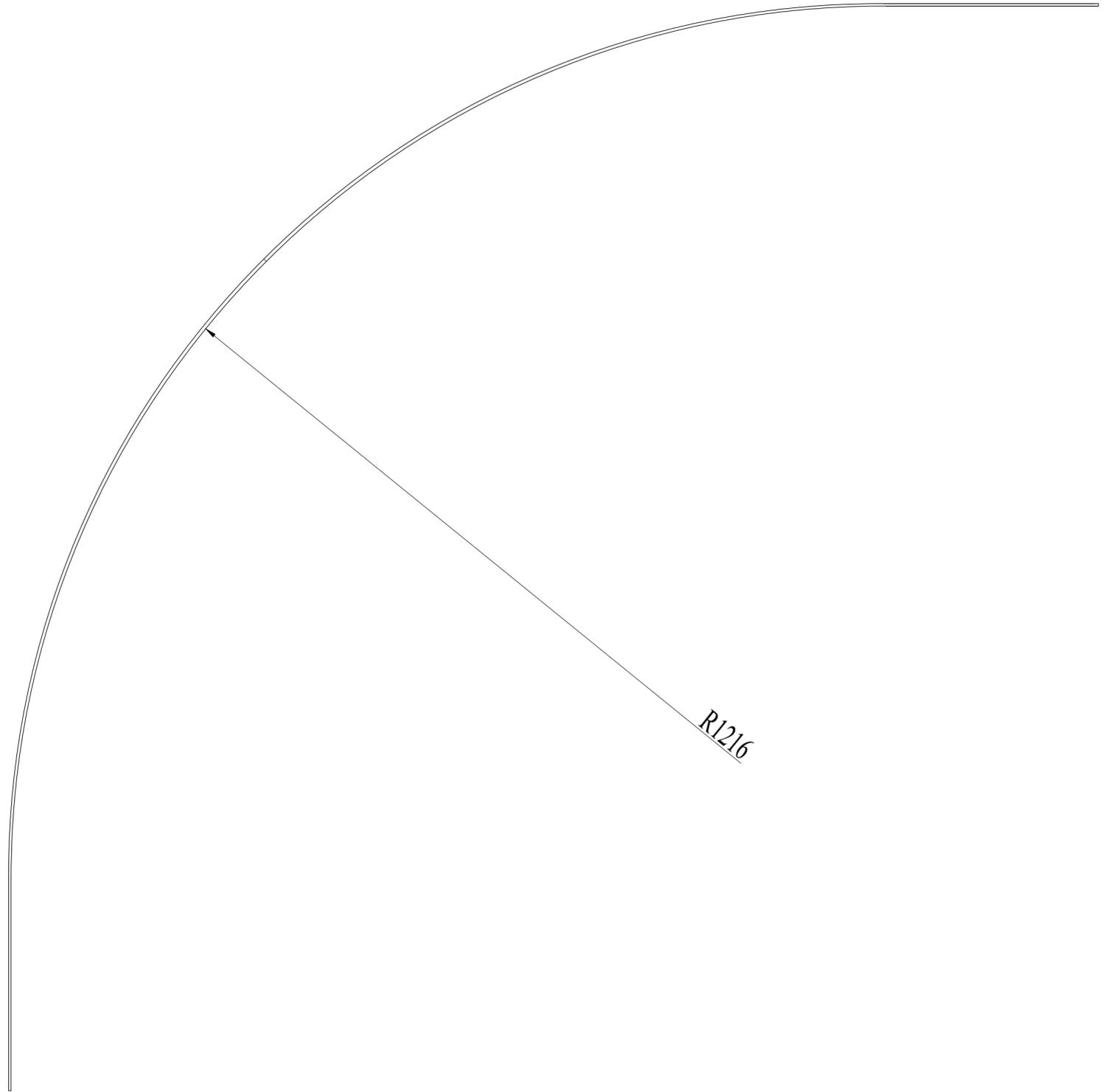
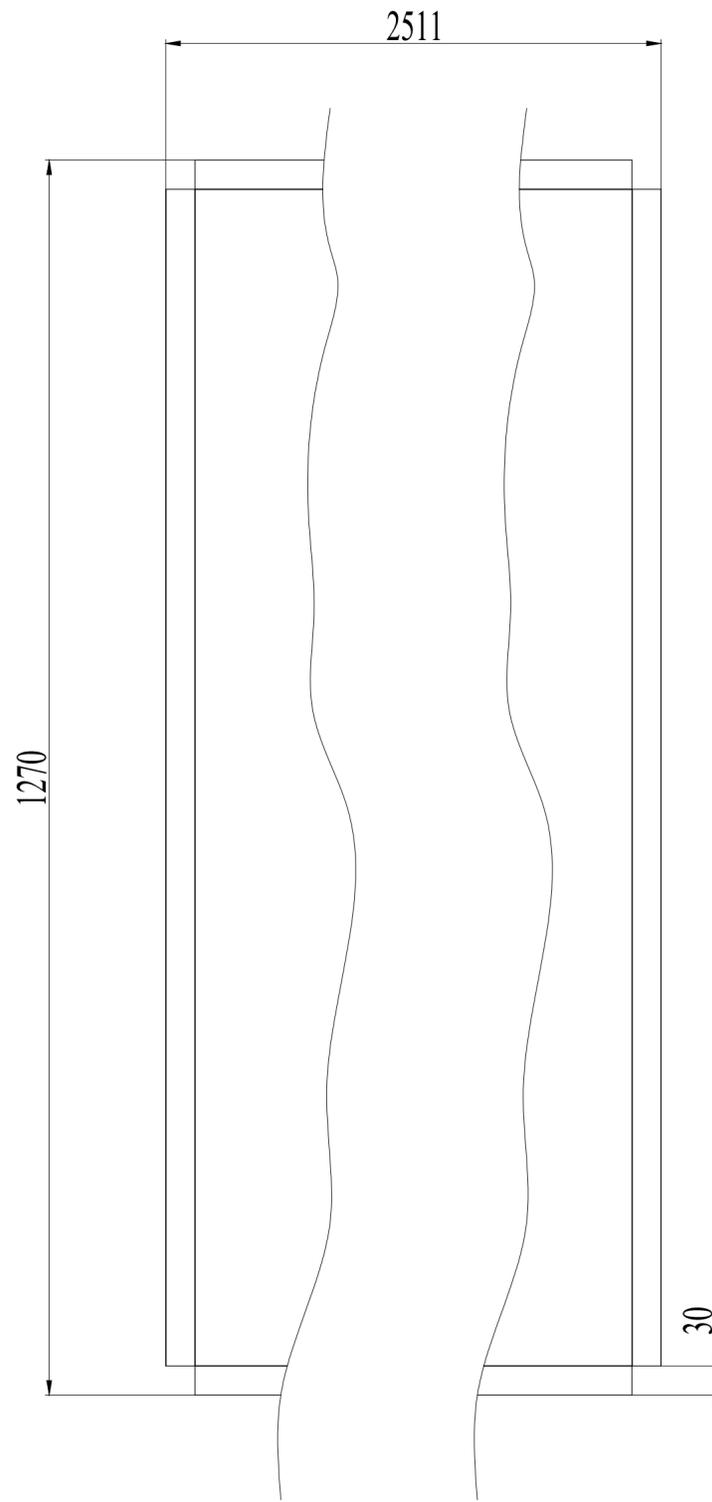
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL: ASTM A635/924	CANTIDAD: 02und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015



RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL: ASTM A635/924	CANTIDAD: 04 und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
DESARROLLO CODO 90° RADIO MAYOR Y MENOR	ESCALA 1:5	CÓDIGO: 10.00828.01	TOL. GRL. ±2 mm	

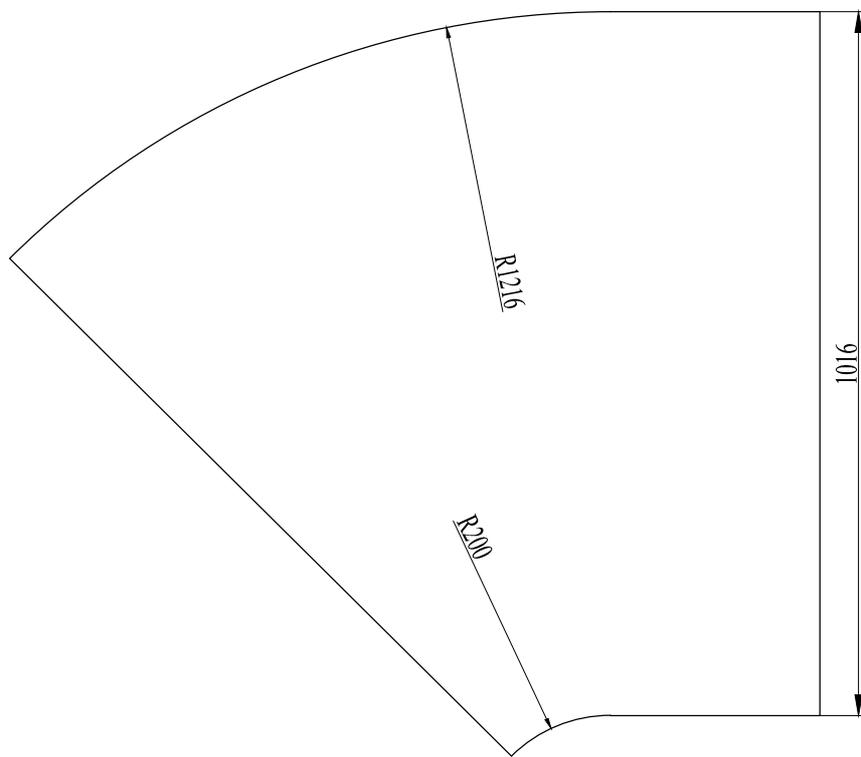


RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	02und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
TAPA RADIO MENOR CODO 90°		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.02	±2 mm	

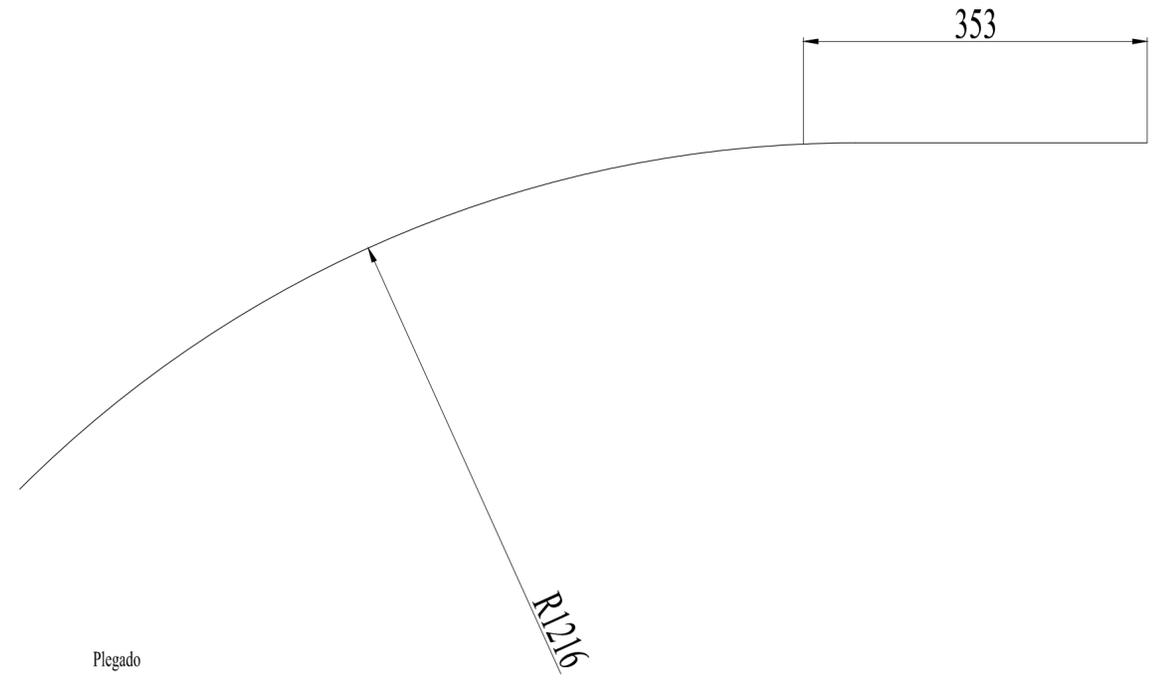
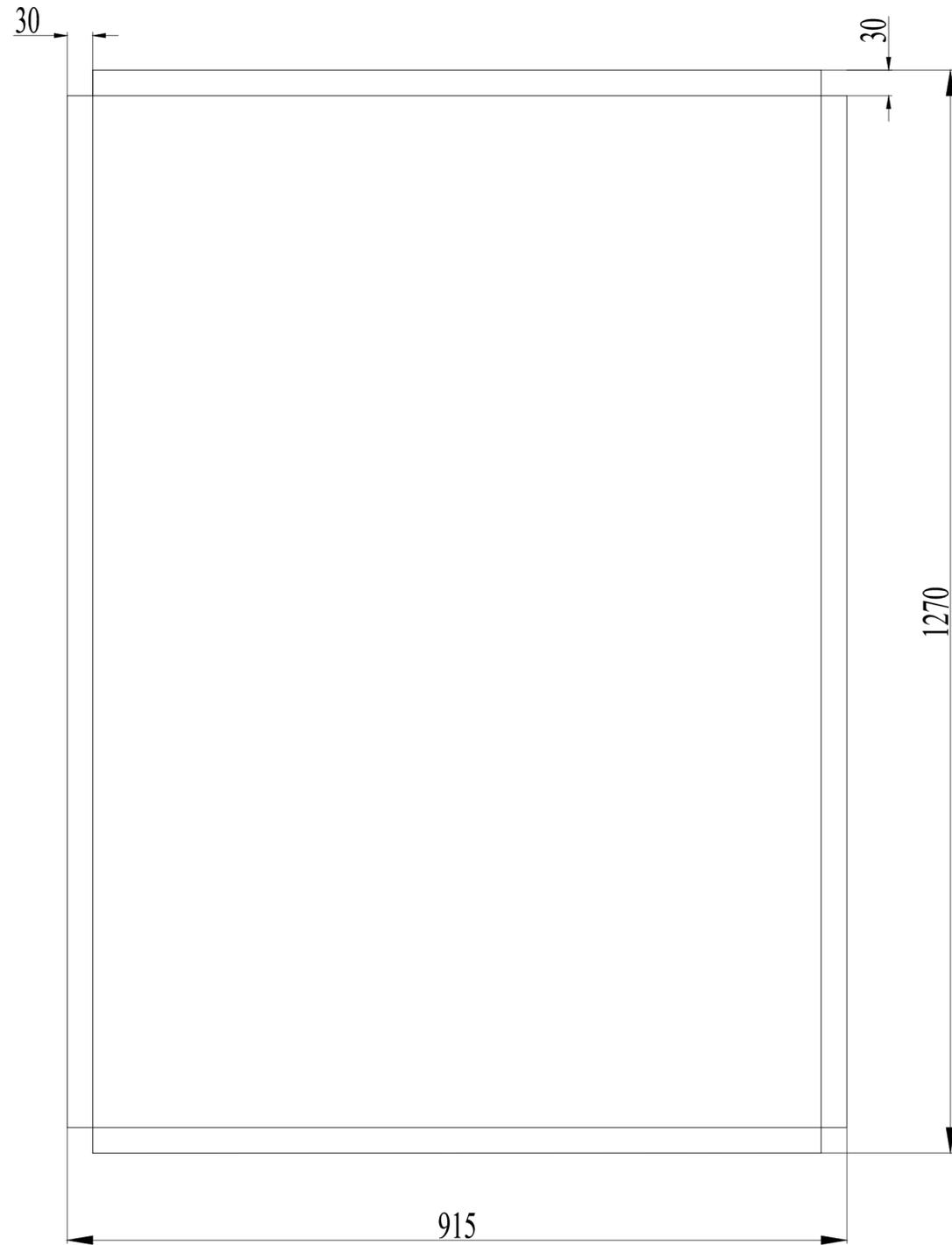


Plegado

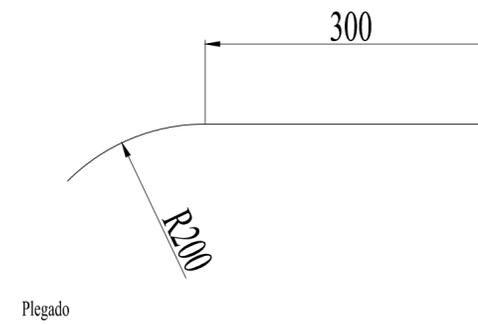
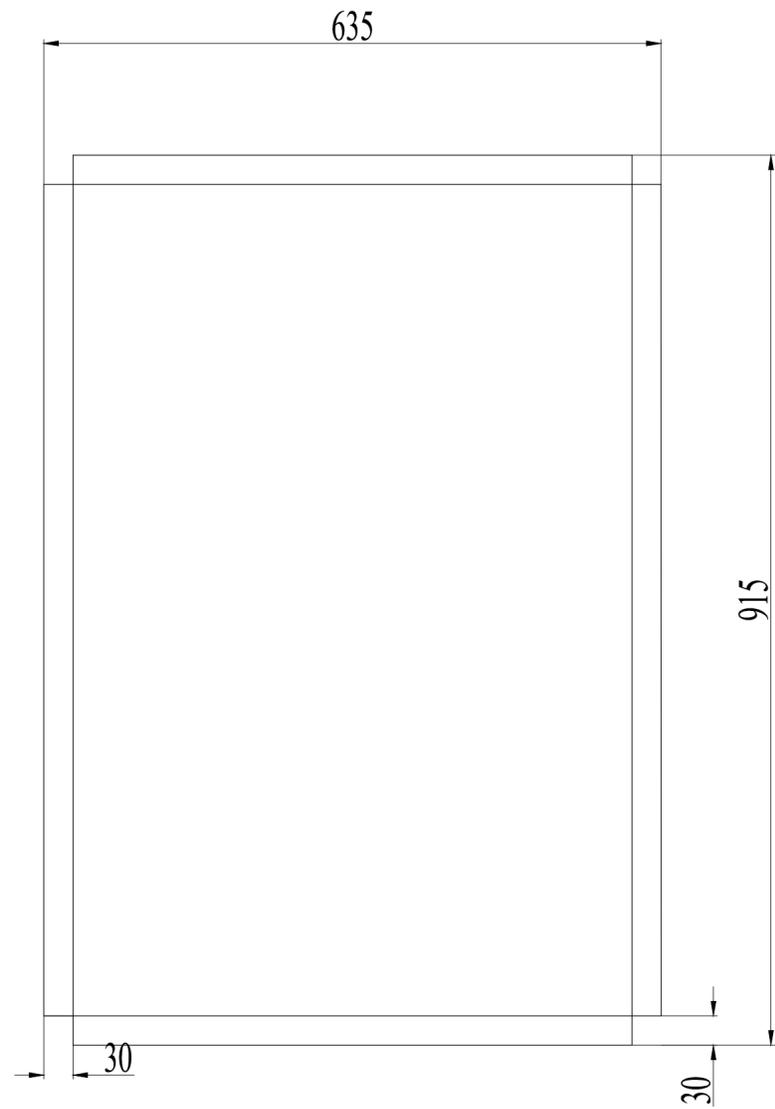
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A 653/924	CANTIDAD:	02 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
TAPA RADIO MAYOR CODO 90°		ESCALA	CÓDIGO:		TOL. GRL.
		1:5	10.00828.03		±2 mm



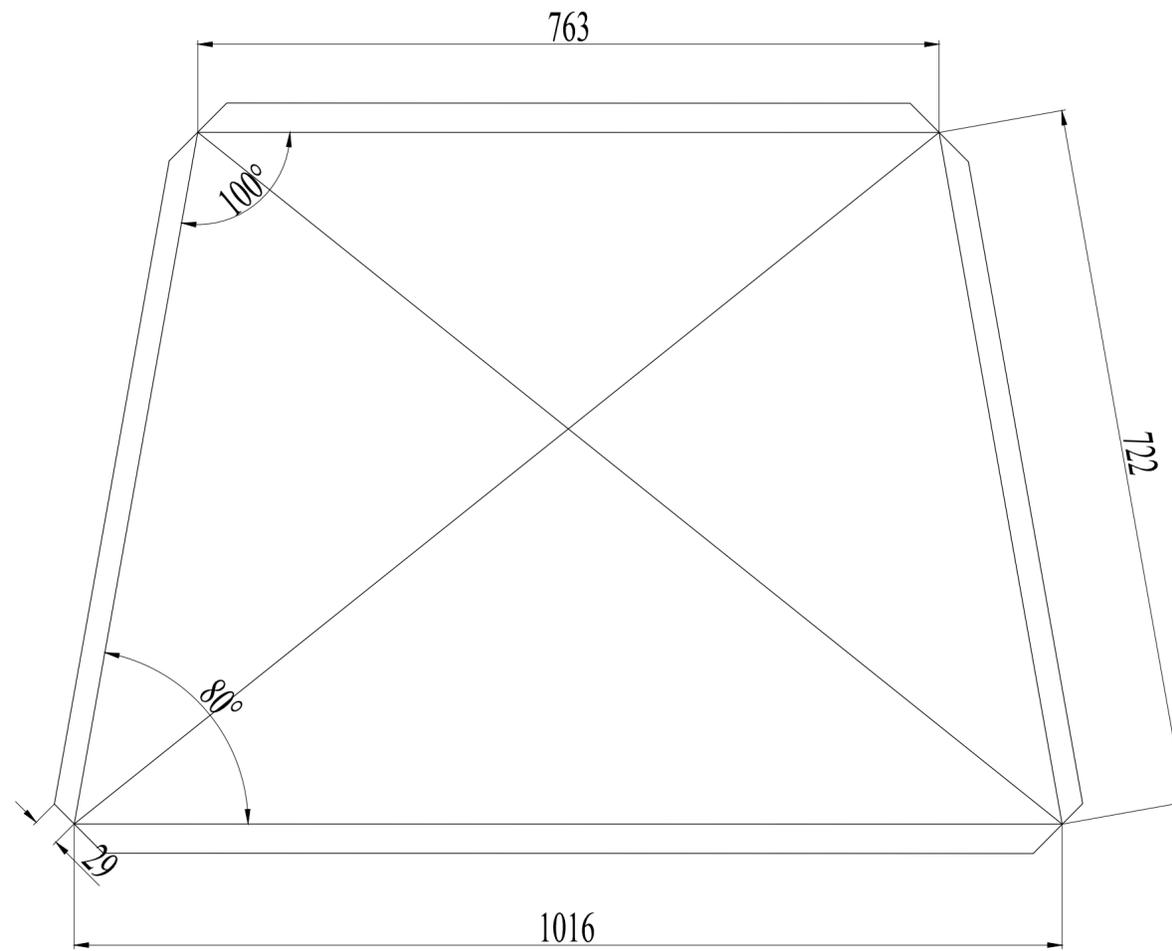
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL: ASTM A653/924	CANTIDAD: 16 und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015



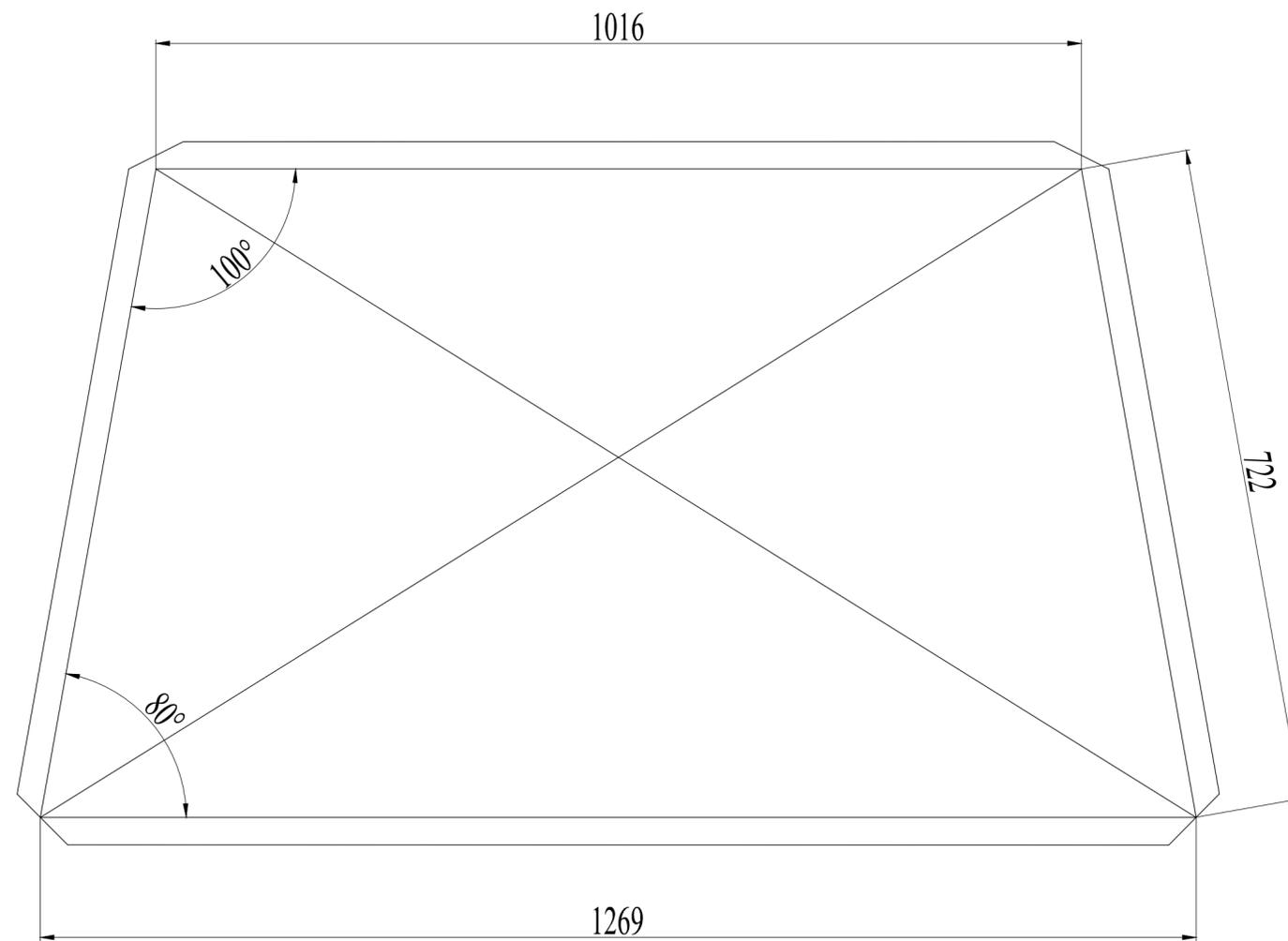
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	8 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
TAPA RADIO MENOR CODO 45°		ESCALA	CÓDIGO:		TOL. GRL.
		1:5	10.00828.05		±2 mm



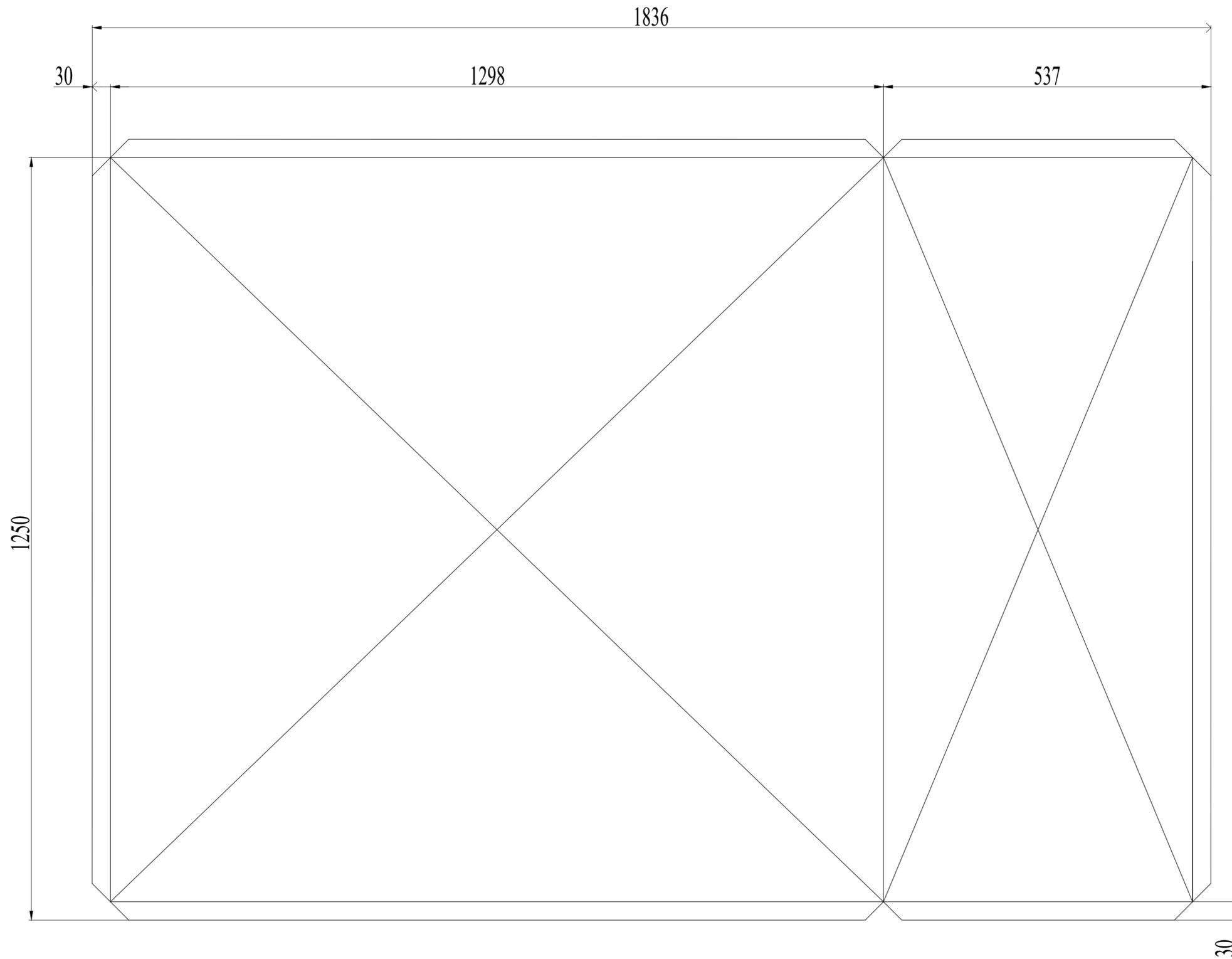
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	08und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
TAPA RADIO MAYOR CODO 45°		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.06	±2 mm	



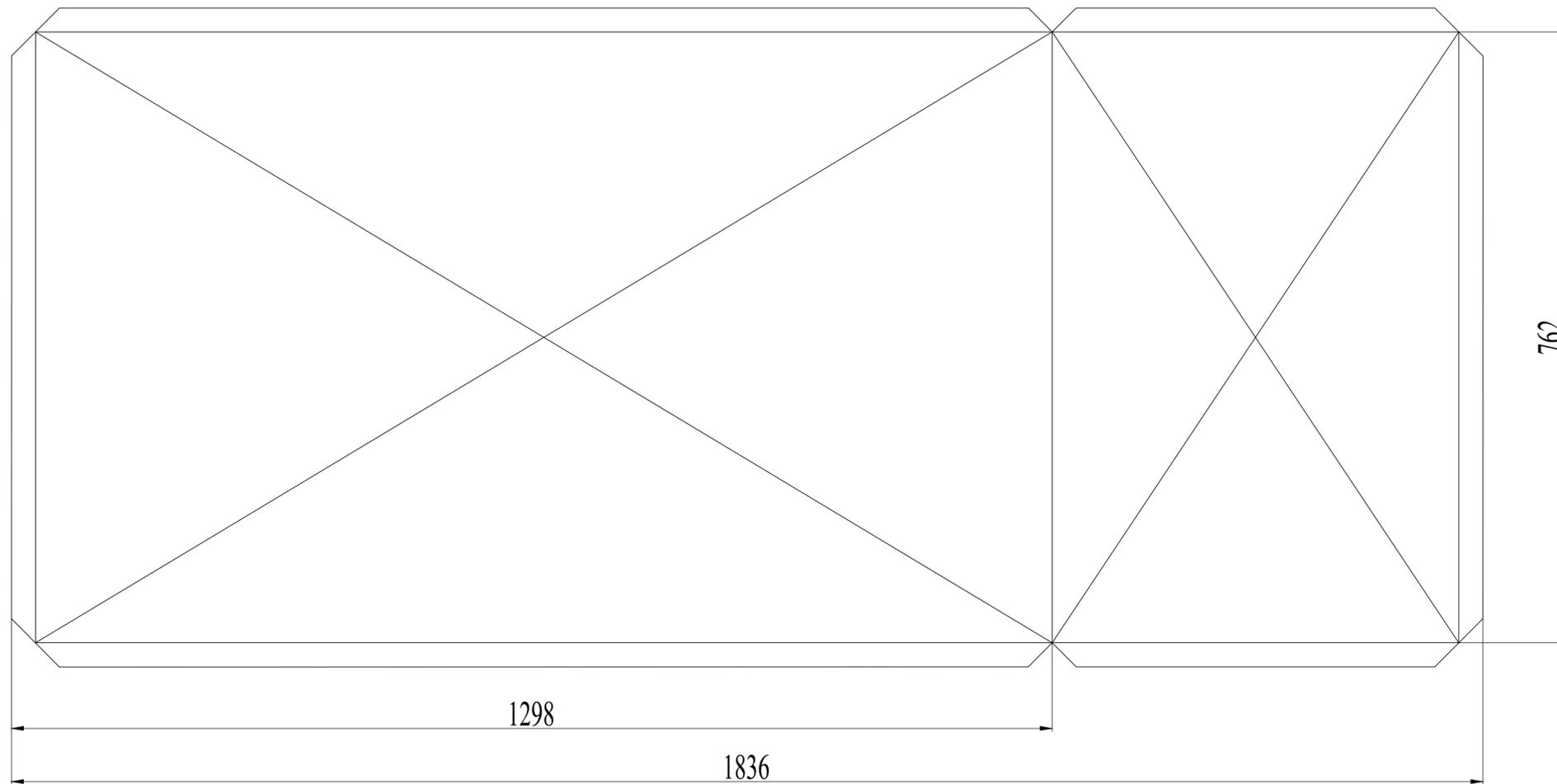
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	08 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
DESARROLLO TRANSICIÓN TRAMO MENOR		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.07	±2 mm	



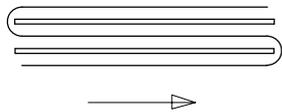
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	08 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
DESARROLLO TRANSICIÓN TRAMO MAYOR		ESCALA	CÓDIGO:	TOL. GRL.	
		1:5	10.00828.08	±2 mm	



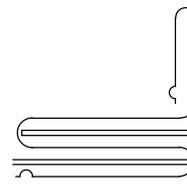
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	16und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
CONDUCTO TRAMO PRINCIPAL		ESCALA:	CÓDIGO:		TOL. GRL.
		1:5	10.00828.09		±2 mm



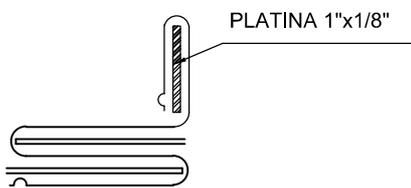
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL: ASTM A653/924	CANTIDAD: 16 und.
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO 06/01/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO 20/02/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA 07/05/2015
CONDUCTO TRAMO DERIVADO	ESCALA 1:5	CÓDIGO: 10.00828.10	TOL. GRL. ±2 mm



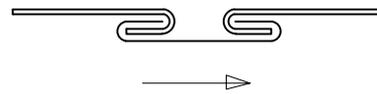
FLUJO AIRE  
"S SLIP"



FLUJO AIRE  
"BAR SLIP"

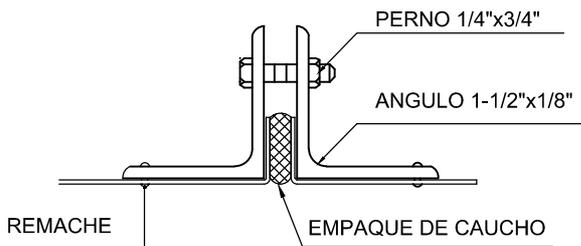


FLUJO AIRE

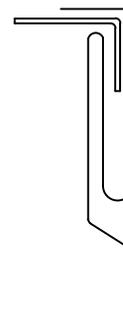


"C - SLIPS"

UNIÓN TRANSVERSAL



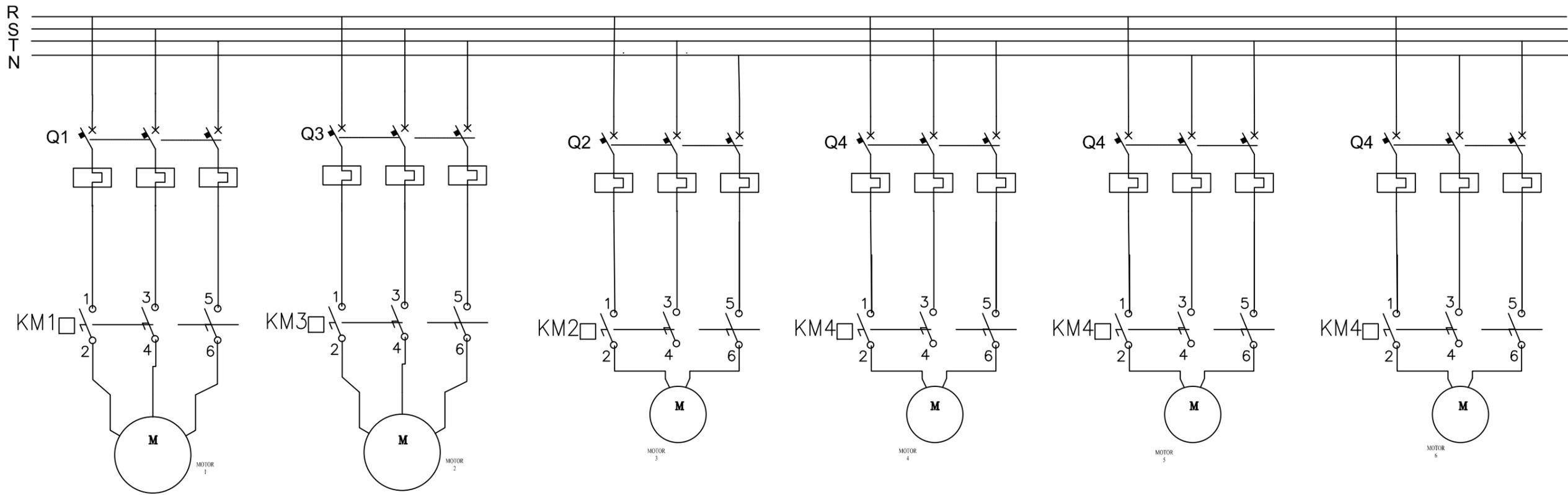
UNIÓN CON BRIDA



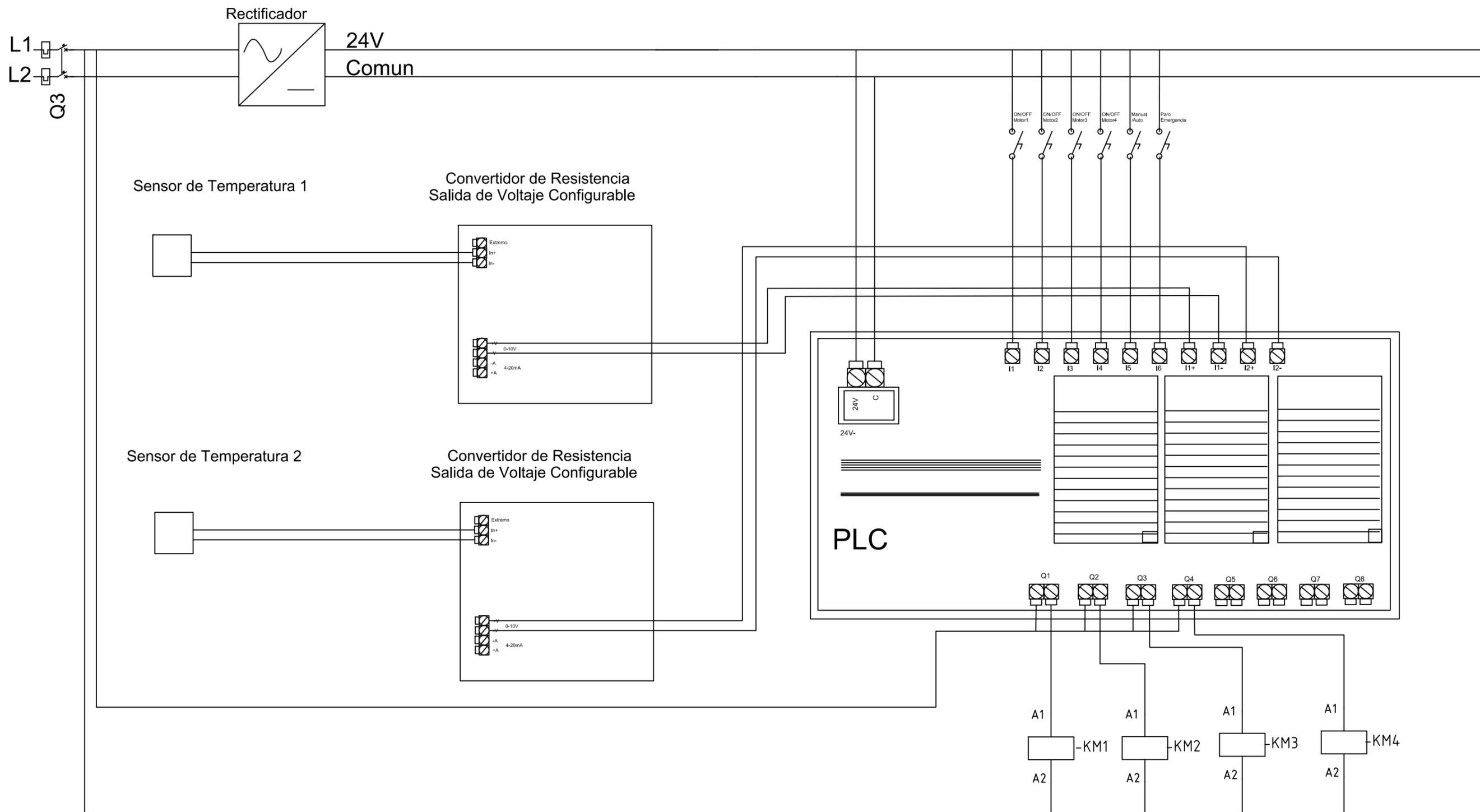
UNIÓN PITTSBURGH

UNIÓN LONGITUDINAL

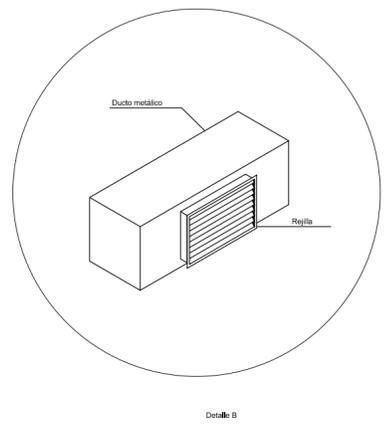
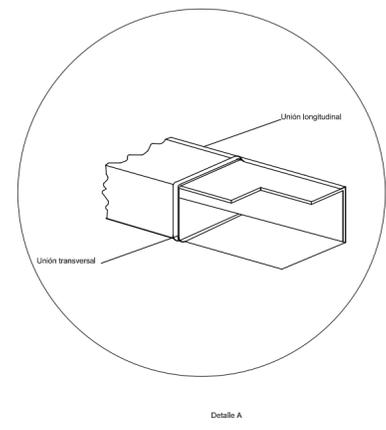
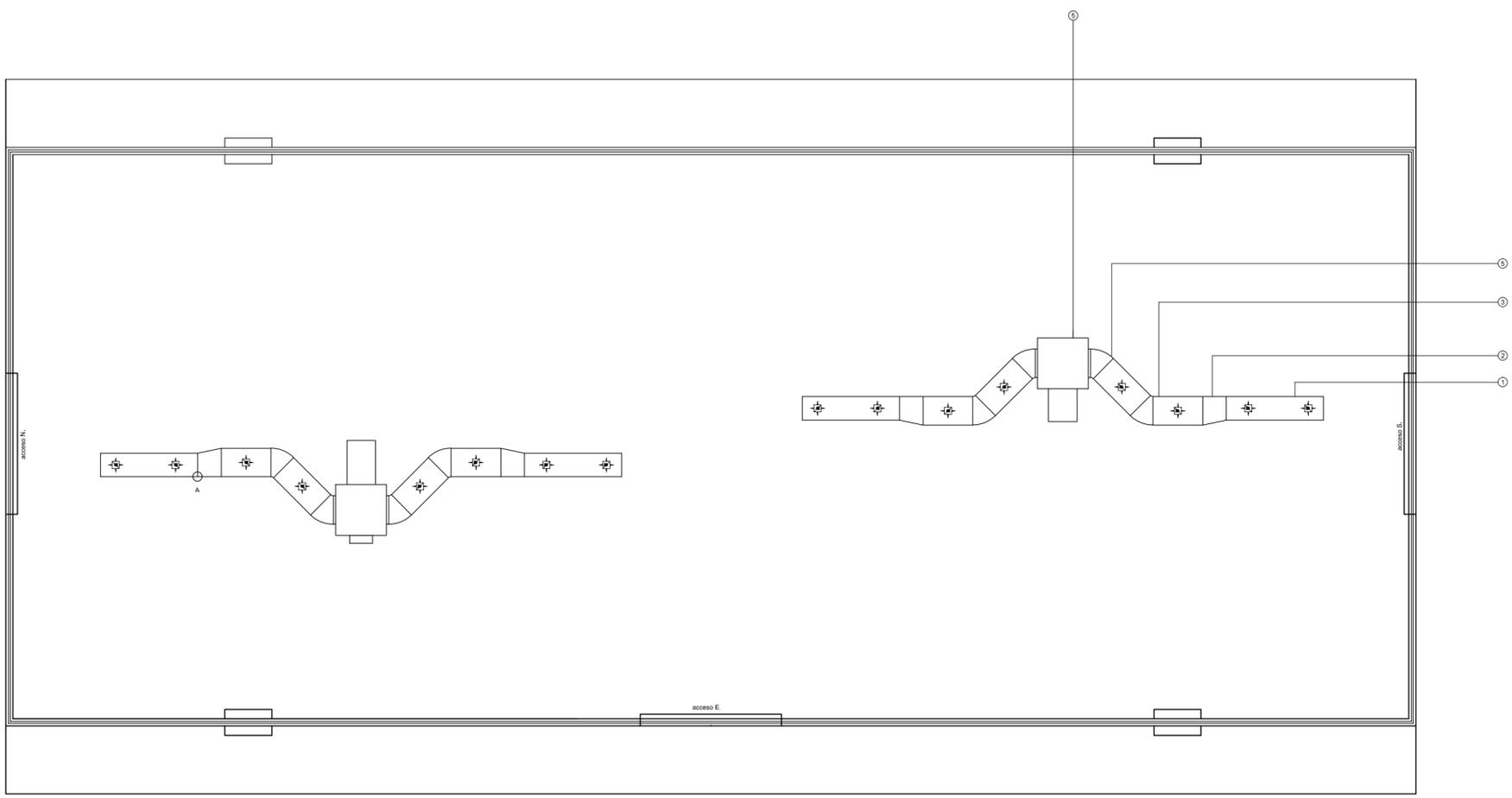
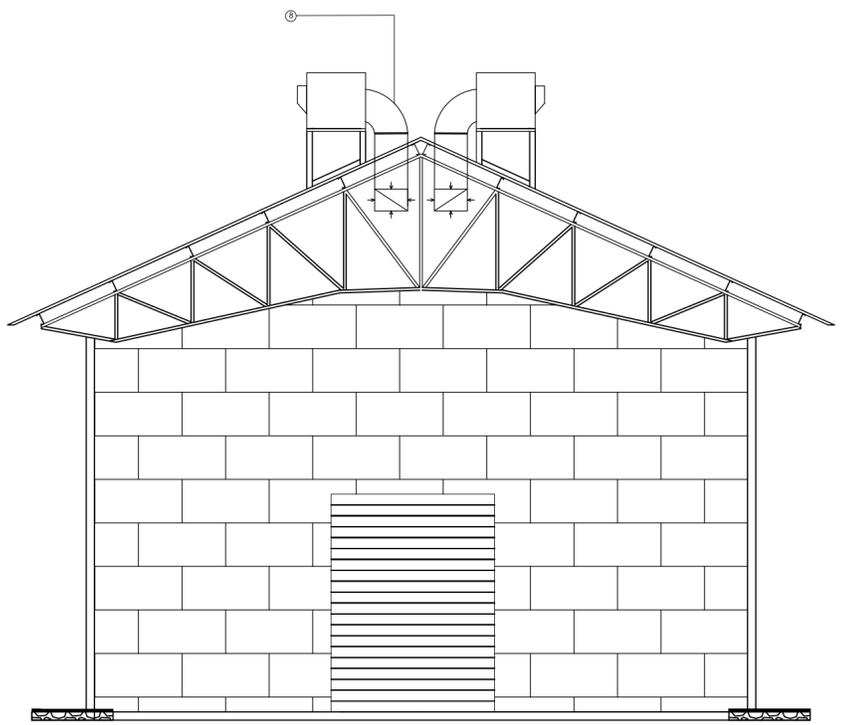
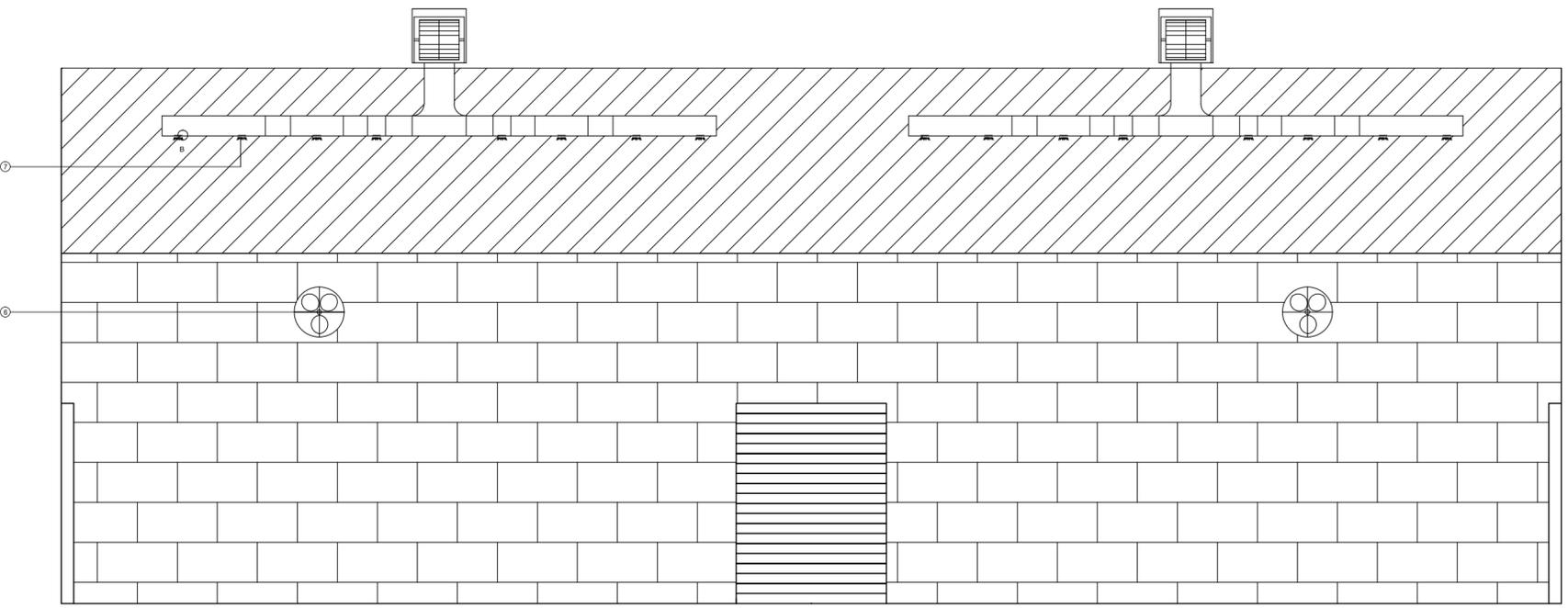
RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL: AISI - 01	CANTIDAD: 100 unid.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	Temple			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	05/05/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO	05/05/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015



RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	CANTIDAD: 01 und.		
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
			DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
			REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
CIRCUITO DE POTENCIA		ESCALA 1:2	CÓDIGO: 10.00828.00.12	TOL. GRL. ±2 mm	



RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	CANTIDAD: 01 und.	
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	U.P.S	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015
		DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015
CIRCUITO DE CONTROL	ESCALA 1:2	CÓDIGO: 10.00828.00.13	TOL. GRL. ±2 mm	



8	Codo 90°	2	10.00828.01	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
7	Rejilla	16				NA
6	Ventilador de suministro	4			900 x 900	NA
5	Caja para extractor centrífugo	2	10.00828.00	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
4	Codo 45°	8	10.00828.03	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
3	Conducto tramo principal	16	10.00828.09	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
2	Transición	16	10.00828.08	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
1	Conducto tramo derivado	16	10.00828.10	ASTM A653/924	1220x 2440	NA
REF.	DENOMINACIÓN	CANT.	NORMA	MATERIAL	DIMENSIONES BRUTAS	OBSERVACIONES

RECUBRIMIENTO:	NA	MATERIAL:	ASTM A653/924	CANTIDAD:	Según planos .
TRATAMIENTO TÉRMICO:	NA				
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>	<b>U.P.S</b>	DIS:	VÍCTOR CANDO	06/01/2015	
		DIB:	VÍCTOR CANDO	20/02/2015	
		REV:	ING. SALVATORE REINA	07/05/2015	
<b>INSTALACIÓN DE CONDUCTOS EN EL ALMACÉN</b>	ESCALA	CÓDIGO:	10.00828.00.14	TOL. GRL.	±2 mm
	1:5				