

Anexo 1: Cálculos térmicos

La justificación académica a este estudio radica en reducir los altos volúmenes de combustibles necesarios para la cocción de los ladrillos de ambos hornos utilizados, no solo desde el punto de vista de reducción de los costos de producción para la planta; sino también, para un reducción en el volumen total de gases contaminantes expulsados a la atmósfera. Para tener una idea más clara de este consumo presentaremos, en primer lugar, los cálculos en función del volumen consumido, el porcentaje de pérdidas por carga extraída del horno y el costo de la madera puesta en planta, todo esto para obtener un porcentaje del costo que representa ese consumo de madera y un indicador del volumen de gases contaminantes (CO₂) expulsados a la atmósfera durante la quema.

Costos del consumo de madera en relación con la ganancia bruta obtenida por la venta de todos los ladrillos. Para este cálculo tenemos:

Porcentaje de pérdidas por carga: 2% de la capacidad del horno

Costo de madera puesta en planta: S/.20 por m³

Precio en el mercado local del ladrillo: S/.500 por millar

El horno abierto:

Posee una capacidad de ladrillos de 22 millares y necesita para esto un volumen de madera de 110 m³.

$$S/. \text{ por carga} = 22 * 98\% * 500 = S/. 10'780.00$$

$$\text{costo consumo madera} = 110 * 20 = S/. 2'200.00$$

$$\% \text{ cost. comb./gan. total} = \frac{2'200}{10'780} * 100 = 20.41\%$$

El horno cerrado 5 bocas:

Posee una capacidad de ladrillos de 12 millares y necesita para esto un volumen de madera de 60 m³.

$$S/. \text{ por carga} = 12 * 98\% * 500 = S/. 5'880.00$$

$$\text{costo consumo madera} = 60 * 20 = S/. 1'200.00$$

$$\% \text{ cost. comb./gan. total} = \frac{1'200}{5'880} * 100 = 20.41\%$$

El horno cerrado 6 bocas:

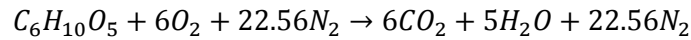
Posee una capacidad de ladrillos de 32 millares y necesita para esto un volumen de madera de 100 m³.

$$S/. \text{ por carga} = 32 * 98\% * 500 = S/. 15'680.00$$

$$\text{costo consumo madera} = 100 * 20 = S/. 2'000.00$$

$$\% \text{ cost. comb./gan. total} = \frac{2'000}{15'680} * 100 = 12.76\%$$

Con estos valores observamos que el horno que presenta una mayor ganancia para la planta es el horno cerrado de 6 bocas con un porcentaje de 12.76% de costos de la ganancia bruta por la venta de los ladrillos en la compra de madera para utilizar el horno. Para obtener el volumen de gases contaminantes, es necesario analizar la fuente generadora de energía que en el caso de estudio es la combustión completa de hidrocarburos. Para este análisis se requiere de la ecuación del balance estequiométrico del hidrocarburo celulosa, que es el elemento presente en la madera que nos permite realizar la liberación de energía.



Ecuación 1 Balance estequiométrico celulosa
Fuente [7]

En esta ecuación observamos en las entradas a la celulosa como combustible, al oxígeno y al nitrógeno, este último considerado por ser el principal gas que compone el aire de la atmósfera que a su vez es la principal fuente de oxígeno; sin embargo, la combustión completa se define como la reacción química exotérmica entre un combustible (hidrocarburo) y un elemento que produce la combustión (oxígeno) [7], por tal motivo el nitrógeno no es elemento del proceso químico, sin embargo se mantendrá presente por motivos de análisis posteriores; además, esta ecuación representa una combustión ideal donde el nitrógeno no produce dióxido de nitrógeno que facilita el análisis. Este balance nos sirve para identificar dos puntos importantes: primero, por cada mol de celulosa es necesario inyectar 6 moles de oxígeno molecular el cual produce 6 moles de dióxido de carbono y 5 moles de agua que se liberan en la atmósfera como vapor de agua, esto nos permite plantear el supuesto que a mayor cantidad de madera usada la producción de CO₂ se verá incrementada. Segundo, se observa que el aire en su composición está formado por 21% de oxígeno (O₂), 78% de nitrógeno (N₂) y 1% de otros gases, y al ser el aire la principal fuente de oxígeno dentro del balance estequiométrico se considera la cantidad de nitrógeno en la relación de 3.76 veces más que la del oxígeno por la propia composición del aire; además, en el balance estequiométrico se observa que la misma cantidad de número de moles del nitrógeno en la entrada, es la misma cantidad de número de moles de nitrógeno en la salida, lo cual nos confirma que el nitrógeno no participa en la combustión completa, por tal motivo no es parte de la generación de calor; desde esta perspectiva, al no participar del proceso químico, el compuesto absorberá el calor de su alrededor incrementando su temperatura en función de su calor específico en las condiciones ambientales dadas; por lo tanto el nitrógeno representa un medio de pérdida de calor. Dejemos este punto para su posterior análisis para calcular el volumen de dióxido de carbono liberado en la atmósfera por cada uno de los hornos utilizados.

$$vol. CO_2 = \frac{(volumen\ madera) * (densidad\ madera) * (\% \text{ celulosa})}{(peso\ molecular\ celulosa)} * (coeficiente\ CO_2) * (peso\ molecular\ CO_2)$$

$$= \frac{\hspace{10em}}{(densidad\ CO_2)}$$

Horno abierto:

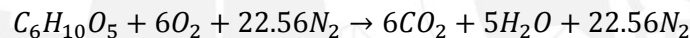
$$vol. CO_2 = \frac{\frac{110m^3 * 580 \frac{kg}{m^3} * 0.4}{162 \frac{kg}{kmol}} * 6 * 44.01 \frac{kg}{kmol}}{1.842 \frac{kg}{m^3}} = 22'582.84 m^3$$

$$\text{Horno cerrado 5 bocas: } vol. CO_2 = \frac{\frac{60m^3 * 580 \frac{kg}{m^3} * 0.4}{162 \frac{kg}{kmol}} * 6 * 44.01 \frac{kg}{kmol}}{1.842 \frac{kg}{m^3}} = 12'317.92 m^3$$

$$\text{Horno cerrado 6 bocas: } vol. CO_2 = \frac{\frac{100m^3 * 580 \frac{kg}{m^3} * 0.4}{162 \frac{kg}{kmol}} * 6 * 44.01 \frac{kg}{kmol}}{1.842 \frac{kg}{m^3}} = 20'529.86 m^3$$

De esta manera se observa que el horno que presenta una emisión menor de gases contaminantes es el horno cerrado de 5 bocas, punto que confirma que a mayor consumo de combustible mayor es la liberación de CO₂ a la atmósfera.

A continuación se realizará el análisis para obtener la cantidad de calor producida por la combustión para cada uno de los hornos. Hay que recordar que el principal combustible utilizado para la combustión es la celulosa, la cual se encuentra entre 40~50% de la composición de la madera. Otro detalle es que la planta recibe la madera en camiones, motivo por el cual se mide en m³ puestos en planta, estos camiones recogen la madera de centros de acopio de la zona; esto centros, juntan la madera procedente de distintos medios (agrícolas, construcción, mantenimiento de la ciudad, etc.), razón por la cual no llega un solo tipo de madera; sin embargo, para el análisis se consideró como madera principal al Cedar, por su abundancia en la zona según los empleados de la planta.



Se definen las siguientes fórmulas para el cálculo según [7]:

$$Celulosa\ usada = V_{madera} * \rho_{cedar} * \%_{celulosa}$$

$$LHV = HHV - \frac{N_{H_2O,P} M_{H_2O} h_{fg}}{N_{fuel} M_{fuel}}$$

LHV: "lower heating value" o mínimo calor entregado

HHV: "higher heating value" o máximo calor entregado, $HHV_{wood} = 15 \frac{MJ}{kg}$ [7]

N_{H₂O}: número de moles de agua del producto, 5 mol

M_{H₂O}: es masa del agua en un mol, 18^{gr}/mol

h_{fg}: calor latente del agua, 2.44^{MJ}/kg [7]

N_{fuel}: número de moles de la celulosa, 1mol

M_{fuel}: masa de la celulosa en un mol, 162^{gr}/mol

ρ_{cedar}: densidad del Cedar, 0.58 * 10³ kg/m³

%_{celulosa}: porcentaje celulosa en la madera, 40%

Esta ecuación nos muestra el calor generado por el combustible utilizado varía en función del estado en el que el agua es liberado en el producto; es decir, en la combustión uno de los productos es agua que comúnmente se entiende que es liberado en estado gaseoso; sin embargo, inicialmente el agua es liberado en estado líquido, pero absorbe energía de

los alrededores generada por la combustión para pasar al estado gaseoso. Esta es la diferencia entre HHV y LHV, el primero muestra el calor liberado por la combustión considerando que el agua es liberada en estado líquido y no cambia de estado; el segundo, muestra el calor liberado por la combustión con la diferencia de la energía absorbida por el agua para cambiar de estado, debido a que la fuente primaria de esta energía es la liberada por la combustión, se resta directamente de la producción "ideal" (HHV) de energía. Para efectos del curso se considera la menor energía generada (LHV), principalmente debido a que mantener el agua liberada en estado líquido escapa de los alcances del planteamiento propuesto.

Aplicando las formulas propuestas:

$$LHV_{wood} = 15 - \frac{5 \text{ mol} \times 2.44 \text{ MJ/kg} \times 18 \text{ kg/mol}}{1 \text{ mol} \times 162 \text{ gr/mol}} = 13.64 \text{ MJ/kg} - \text{celulosa}$$

Se obtiene que el calor liberado por la combustión es de 13.64 MJ/kg por cada kilogramo de celulosa presente en el combustible. Ahora daremos paso a analizar la energía liberada por cada tipo de horno:

Horno abierto:

$$Celulosa \text{ usada} = 110 \text{ m}^3 \times 0.58 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 0.4 = 25'520 \text{ Kg de celulosa}$$

$$Q_{min} = 348'206.222 \text{ MJ}$$

Horno cerrado 5 bocas:

$$Celulosa \text{ usada} = 60 \text{ m}^3 \times 0.58 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 0.4 = 13'920 \text{ Kgr de celulosa}$$

$$Q_{min} = 189'930.667 \text{ MJ}$$

Horno cerrado 6 bocas:

$$Celulosa \text{ usada} = 100 \text{ m}^3 \times 0.58 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 0.4 = 23'200 \text{ Kgr de celulosa}$$

$$Q_{min} = 316'551.111 \text{ MJ}$$

Ahora que tenemos la cantidad de energía liberada en cada uno de los hornos pasamos a analizar las principales pérdidas energéticas procedentes del mismo proceso. Como primer punto analizamos las características conjuntas de cada horno, observamos que en ambos hornos se calientan, tanto el horno como los ladrillos, por aproximadamente 24 horas a fuego lento; este precalentamiento de los ladrillos es necesario por dos razones, uno para eliminar cualquier rastro de agua de constitución y dos para precalentar propiamente los ladrillos para que el cambio de temperatura no sea tan brusco y no afecte

la calidad de estos. Como segundo punto, ambos hornos se diferencia principalmente por sus periodos de enfriamiento de los ladrillos cocidos, siendo el horno abierto más efectivo que el cerrado; haciendo un análisis de la eficiencia del horno abierto, esta se debe ya que este horno libera mucho más calor a los alrededores por su misma geometría, gracias a este intercambio directo de calor con la atmósfera, el horno abierto tiene menores tiempo de enfriamiento que el horno cerrado, ya que este último atrapa más el calor en su interior. Por lo tanto el nuevo diseño del horno debería tener en cuenta esta dos principales características (precalentamiento ladrillos e intercambio de calor con la atmósfera).

Cabe resaltar que ambos hornos usados en la planta son hornos considerados como hornos de flujo no continuo [1], esto imposibilita en gran parte la reutilización del calor generado. Sin embargo, los hornos de flujo continuo, si permiten una reutilización del calor generado aprovechando la convección natural o forzada del aire. Esta ventaja es utilizada en los hornos expuestos en el estado del arte, que compararemos a continuación. Todos los hornos centran su diseño en añadir principalmente dos subprocesos:

- El primer subproceso es el de precalentamiento del oxígeno de combustión, para reducir la energía que absorba de la combustión al elevar su temperatura y al mismo tiempo enfriar los ladrillos con aire a temperatura atmosférica; es decir, el aire a temperatura ambiente entra al horno, absorbe todo el calor de los ladrillos recién cocidos, enfriando a estos y precalentando el oxígeno del aire,
- El segundo subproceso es el precalentamiento de los ladrillos, siendo en algunos casos de hornos más grandes (horno de Hoffman) también incluido el proceso de secado. Este subproceso en estos hornos se da al fluir aire y gases calentados de la combustión por donde se encuentran los ladrillos secos, de esta manera los ladrillos absorben el calor del aire reutilizando ese calor.

Por otro lado consideramos los cálculos de la cantidad de calor suministrado al total de aire extraído de la atmósfera como fuente de oxígeno para elevar su temperatura desde la ambiental hasta la temperatura en el interior del horno; la cantidad de calor si reutilizáramos el calor de combustión en calentar los ladrillos secos mediante la convección del aire que sale de la combustión, de esta manera evitaríamos añadir un tiempo de calentamiento en los hornos actuales; y por ultimo un breve análisis del consumo energético del nitrógeno del aire que, como en el análisis líneas arriba, se mostró que simplemente absorbe energía de la combustión.

Para tener una idea de la energía absorbida, usamos el calor específico de cada uno de los gases que participan (nitrógeno, oxígeno y aire), esto debido a que no se tiene un dato técnico de las propiedades térmicas de los tipos de arcilla presentes en las plantas, ya que estas varían según la composición de sus elementos; por lo tanto, no podemos calcular que tanto calor absorben los ladrillos, pero sí que tanto calor cede y absorben estos gases ya que se cuenta con temperaturas aproximadas a las que llega el horno en su interior.

Calor necesario para elevar la temperatura de cualquier elemento a presión constante o a volumen constante son:

$$Q = m * C_p * \Delta T \qquad Q = m * C_v * \Delta T$$

C_p : calor específico a presión constante

C_v : calor específico a volumen constante

m : masa del elemento

ΔT : diferencial de temperatura, (temperatura final – temperatura inicial)

Para el caso del horno abierto, por su misma geometría, toda la combustión se realiza a presión constante, mientras que para el horno cerrado, al estar herméticamente cerrado se desarrolla a volumen constante en un inicio para dar paso a una combustión a presión constante, esto es debido a que mi sistema de control consiste en un horno que en un principio no permite salir ningún volumen fuera de sus fronteras; sin embargo, para permitir que los gases producto de la combustión salgan y al mismo tiempo generar flujo de aire del exterior, el horno cerrado posee una chimenea que permite controlar este volumen de aire. Por ello para el análisis se considera ambos sistemas a presión constante, considerando para este análisis una temperatura del exterior a 28°C y una temperatura del aire al interior de 700°C; esta última temperatura principalmente porque el aire no se encuentra mucho tiempo al interior del horno como para alcanzar los 1000°C de temperatura que posee; además mostraremos el porcentaje que esa energía representa del total generado por cada tipo de horno.

$$\text{calor específico del aire a presión constante } (C_p) = 1.01 \text{ KJ/kg} * K$$

$$\%_{\text{consumido}} = \frac{Q_{\text{absorvido/entregado por aire}}}{Q_{\text{despredido de la combustion}}} * 100\%$$

Calor que necesita el aire para alcanzar los 700°C:

Primero necesitamos calcular el volumen de aire requerido. Para obtener el volumen de aire requerido usamos el concepto de fuel-air ratio, el cual es un valor que nos indica qué cantidad de aire es necesario para consumir todo nuestro combustible según la ecuación estequiométrica, entonces:

$$f_s = \frac{m_f}{m_a} = \frac{M_f}{c_{O_2} * 4.76 * M_{air}} = \frac{162 \text{ Kg/Kmol}}{6 * 4.76 * 28.84 \text{ kg/kmol}} = 0.1967$$

$$M_{air} = \frac{M_{\text{celulosa}}}{f_s}$$

Para el horno abierto:

$$M_{air} = \frac{25'520}{0.1967} = 129'753.51 \text{ Kg de aire}$$

$$Q = 129'753.51 \text{ kg} * 1.01 \text{ KJ/Kg} * K * (700 - 28)K = 88'066'302.26 \text{ KJ}$$

$$\%_{\text{consumido aire}} = \frac{88'066'302.26 \text{ KJ}}{348'206.222 \text{ MJ}} * 100\% = 25.29\%$$

Para el horno cerrado 5 bocas

$$M_{\text{air}} = \frac{13'920}{0.1967} = 70'774.64 \text{ Kg de aire}$$

$$Q = 70'774.64 \text{ kg} * 1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * K * (700 - 28)K = 48'036'164.87 \text{ KJ}$$

Para el horno cerrado 6 bocas

$$M_{\text{air}} = \frac{23'200}{0.1967} = 117'957.74 \text{ Kg de aire}$$

$$Q = 117'957.74 \text{ Kgr} * 1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * K * (700 - 28)K = 80'060'274.78 \text{ KJ}$$

Calor que el aire caliente entrega a los ladrillos secos:

Para el análisis, el aire caliente que sale de la combustión obtiene una temperatura de 700°C en el horno y llega a la atmósfera a 80°C. Por otro lado cabe señalar que este aire pierde el oxígeno de su composición al salir de la combustión pero adquiere dióxido de carbono en su remplazo; por lo tanto, para efectos del análisis y en función del alcance del curso consideraremos el mismo calor específico para esta mezcla de aire con dióxido de carbono.

Para el horno abierto:

$$Q = 129'753.51 \text{ kg} * 1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * K * (80 - 700)K = -81'251'647.92 \text{ KJ}$$

$$\%_{\text{liberado aire}} = \frac{81'251'647.92 \text{ KJ}}{348'206.222 \text{ MJ}} * 100\% = 23.33\%$$

Para el horno cerrado 5 bocas

$$Q = 70'774.64 \text{ kg} * 1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * K * (80 - 700)K = -44'319'080.68 \text{ KJ}$$

Para el horno cerrado 6 bocas

$$Q = 117'957.74 \text{ kg} * 1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} * K * (80 - 700)K = -76'835'134.47 \text{ KJ}$$

Calor en calentar solamente el nitrógeno del aire:

Para este análisis calcularemos el calor absorbido y liberado solamente por el nitrógeno para saber si, para el análisis total del sistema, es conveniente extraer este elemento. Consideramos las temperaturas inicial (28°C), en la combustión

(700°C) y final (80°C) iguales que las del aire, teniendo en cuenta que el calor específico del nitrógeno a presión constante es:

$$C_{p,N_2} = 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K$$

Para el horno abierto

$$M_{N_2} = M_{aire} * 0.78 = 101'207.74 \text{ Kg de aire}$$

$$Q_{absorvido} = 101'207.74 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (700 - 28)K = 70'732'063.75 \text{ KJ}$$

$$\%_{consumido N_2} = \frac{70'732'063.75 \text{ KJ}}{348'206.222 \text{ MJ}} * 100\% = 20.31\%$$

$$Q_{liberado} = 101'207.74 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (80 - 700)K = -65'258'749.3 \text{ KJ}$$

$$\%_{liberado N_2} = \frac{65'258'749.3 \text{ KJ}}{348'206.222 \text{ MJ}} * 100\% = 18.74\%$$

Para el horno cerrado 5 bocas

$$M_{N_2} = M_{aire} * 0.78 = 55'204.22 \text{ Kg de aire}$$

$$Q_{absorvido} = 55'204.22 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (700 - 28)K = 38'581'125.68 \text{ KJ}$$

$$Q_{liberado} = 55'204.22 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (80 - 700)K = -35'595'681.43 \text{ KJ}$$

Para el horno cerrado 6 bocas

$$M_{N_2} = M_{aire} * 0.78 = 92'007.03 \text{ Kg de aire}$$

$$Q_{absorvido} = 92'007.03 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (700 - 28)K = 64'301'876.14 \text{ KJ}$$

$$Q_{liberado} = 92'007.03 \text{ kg} * 1.04 \text{ KJ}/\text{kg} * K * (80 - 700)K = -59'326'135.72 \text{ KJ}$$

Nota: No se consideraron el cálculo del porcentaje de energía absorbida/entregada por el aire de los hornos cerrado debido a que el horno cerrado y el abierto obedecen la misma ecuación de balance estequiométrico, por lo tanto la relación de volumen de combustible consumido y volumen de aire suministrado es el mismo.

Se observa que un alto porcentaje de calor generado (~30%) se consume en calentar el aire de combustión y calentar los ladrillos en los actuales hornos de la planta; sin embargo, al generar un horno de flujo continuo de ladrillos como los expuestos en el estado del arte, permitirían reutilizar esta energía al utilizar un medio de transporte de esta, en este caso el mismo aire. Ahora para comparar la hipótesis inicial de eliminar el nitrógeno del aire debido a que este no participa en la combustión por lo tanto únicamente absorbe un porcentaje considerable del calor generado por la combustión, corroboramos que es cierta; sin embargo, el calor absorbido por parte del nitrógeno es realmente perdida en el caso de los hornos de flujo no continuo, debido a que el aire no genera el papel de medio de transporte de energía, sino puramente como fuente de oxígeno para la

combustión. Por otro lado, en los hornos de flujo continuo, los cálculos demuestran que este nitrógeno sirve como principal conductor de energía, al ser el componente del aire que mayor calor específico posee y mayor porcentaje de la masa total, y por lo tanto, aquel que logra intercambiar más calor. De esta manera al considerar un sub-proceso de calentamiento del aire de combustión, enfriado de los ladrillos cocidos y calentado de ladrillos secos, el nitrógeno es el principal responsable de ese intercambio de calor. Por ello, si retiramos el nitrógeno de todo el sistema se tomaría más tiempo enfriar los ladrillos, así como calentarlos.



Anexo 2: Cálculo de tensiones, desplazamientos y factor de seguridad de las estructuras de soporte

En esta parte se presentaran los cálculos que justifican el uso de las estructuras de soporte de los almacenes usados (largos y pequeños), así como el análisis estructural de las vigas de soporte que sostendrá el peso de la carga al interior del horno.

Para este análisis se empleó el complemento SolidWorks Simulation del programa de diseño asistido por computadora SolidWorks 2013 de la compañía Dassault Systèmes. Esta herramienta nos permite realizar un análisis de elementos finitos para observar el comportamiento de la estructura al efectuar sobre estas una fuerza producto del peso de los elementos que ingresan al sistema (ladrillos y madera).

- Estructura de soporte de almacén de madera (figura 1):

Esta estructura soporta el peso de la madera picada para el proceso de combustión.

Volumen de madera contenida:

8309305621.55 m³

Peso de madera:

481 4kg

Material estructura:

AISI 1020

Peso del almacén

1.2 Tn

El resultado obtenido por el software es el siguiente

Análisis de falla por tensión (Von Misses)

En la figura 2 se observa que el elemento no falla al presentarse un esfuerzo máximo de 20432062 N/mm² y el material falla a 282685056 N/mm²

Análisis de deformación de la estructura

En la figura 3 se observa que el máximo desplazamiento observado se tiene de 4.592 mm

Análisis de factor de seguridad:

En la figura 4 se observa que el factor de seguridad mínimo es de 6.62

Con los resultados mostrados se comprueba que el material no falla

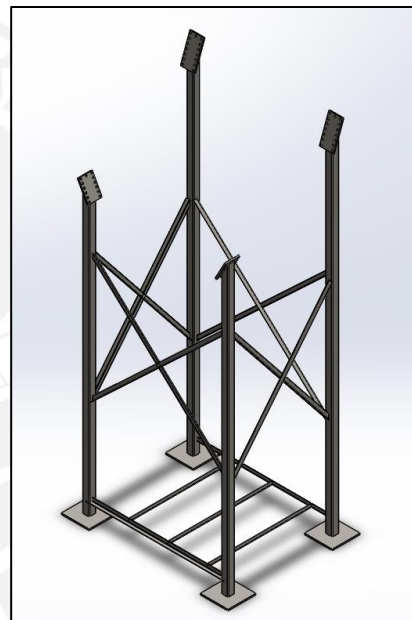


Fig 1 Soporte de alimentación

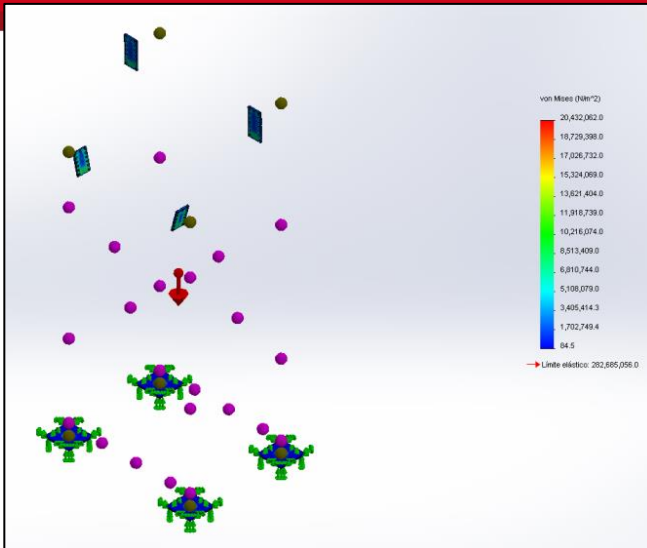


Fig. 2 Análisis de tensión Soporte de alimentación

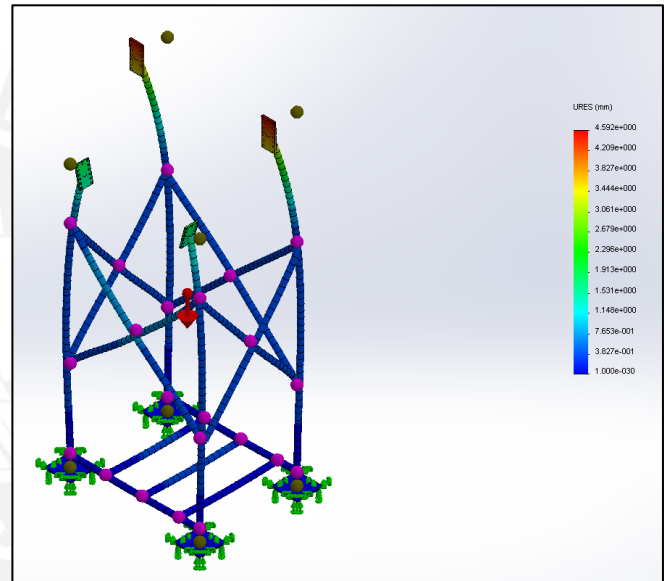


Fig. 3 Análisis de desplazamiento Soporte de alimentación

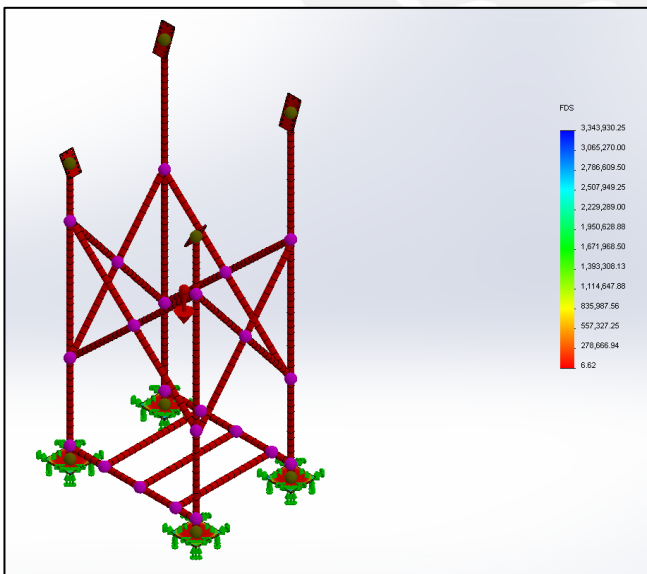


Fig. 4 Análisis de Factor de seguridad Soporte de alimentación

Estructura que soporta la carga de ladrillos durante todo el proceso (figura 5)

Esta estructura soporta el peso de la carga de ladrillos.

- Cantidad de ladrillos
7.5 millares aprox.
- Peso de ladrillos:
12 toneladas
- Material estructura:
ISO 1020

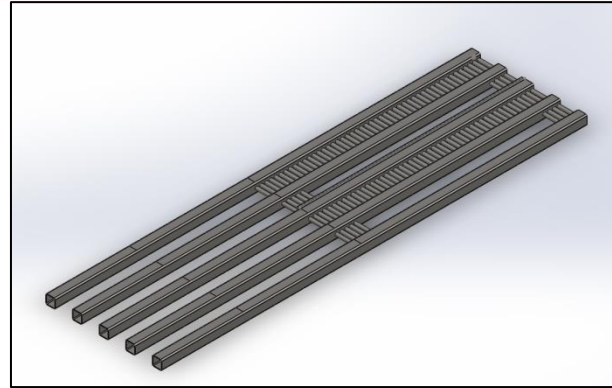


Fig. 5 Vigas

El resultado obtenido por el software es el siguiente

Análisis de falla por tensión (Von Misses)

En la figura 6 se observa que el elemento no falla al presentarse un esfuerzo máximo de 46992128 N/mm^2 y el material falla a 351571008 N/mm^2

Análisis de deformación de la estructura

En la figura 7 se observa que el máximo desplazamiento observado se tiene de 0.2935 mm

Análisis de factor de seguridad:

En la figura 8 se observa que el factor de seguridad mínimo es de 7.48

Con los resultados mostrados se comprueba que el material no falla

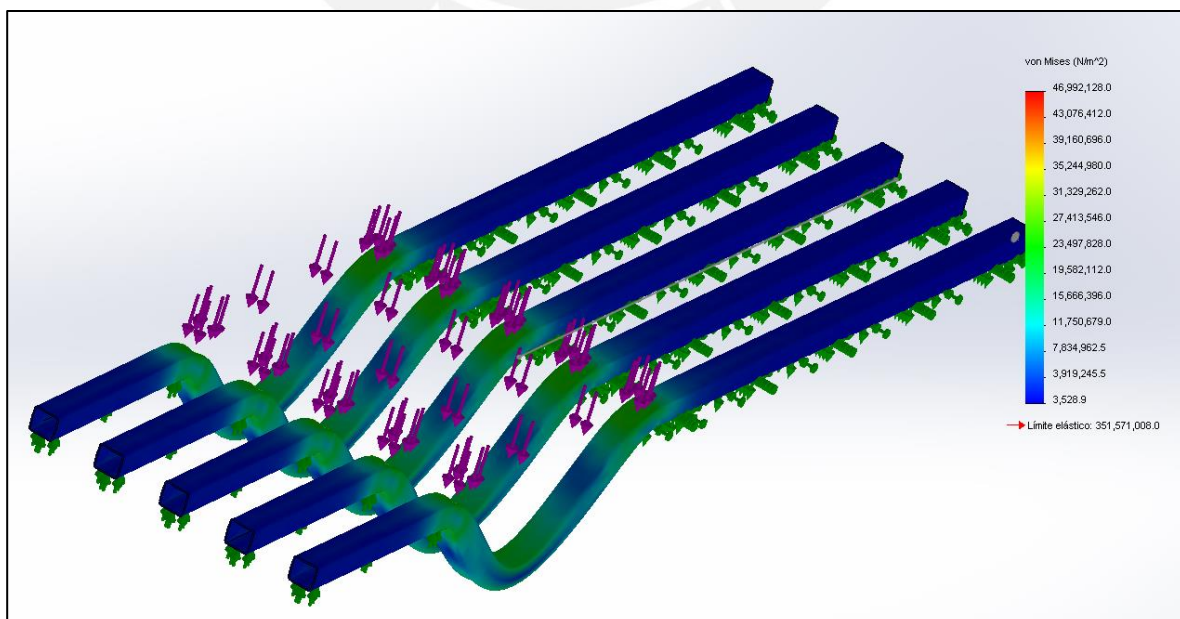


Fig. 6 Análisis de tensión Vigas

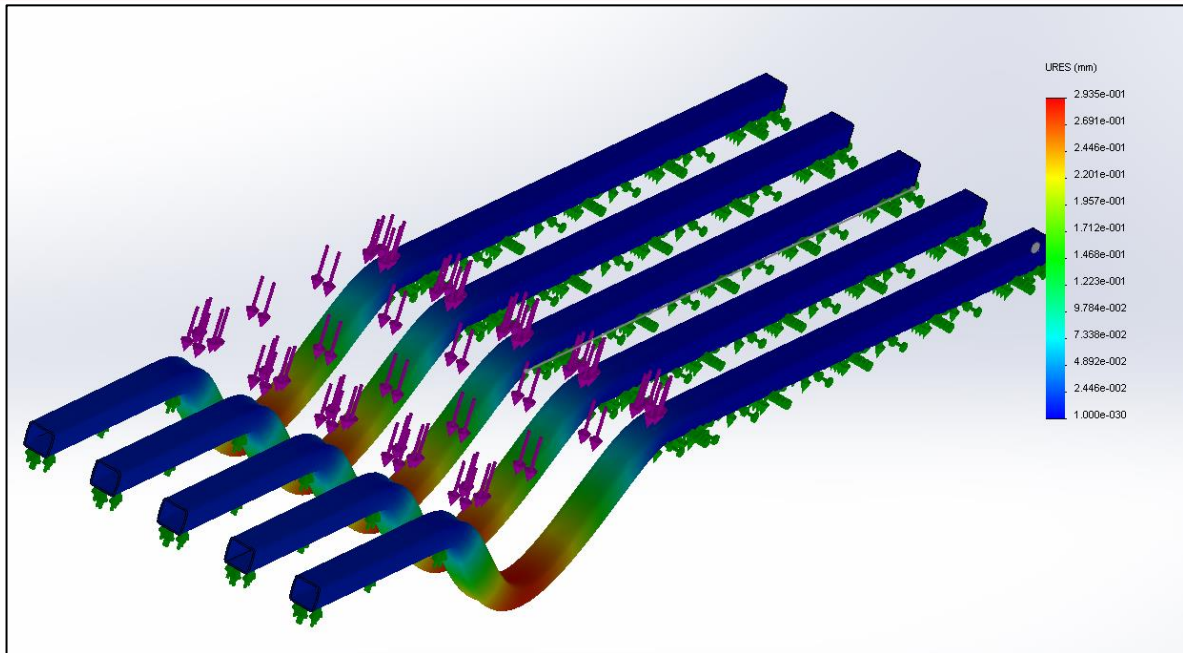


Fig. 7 Análisis de Desplazamiento Vigas

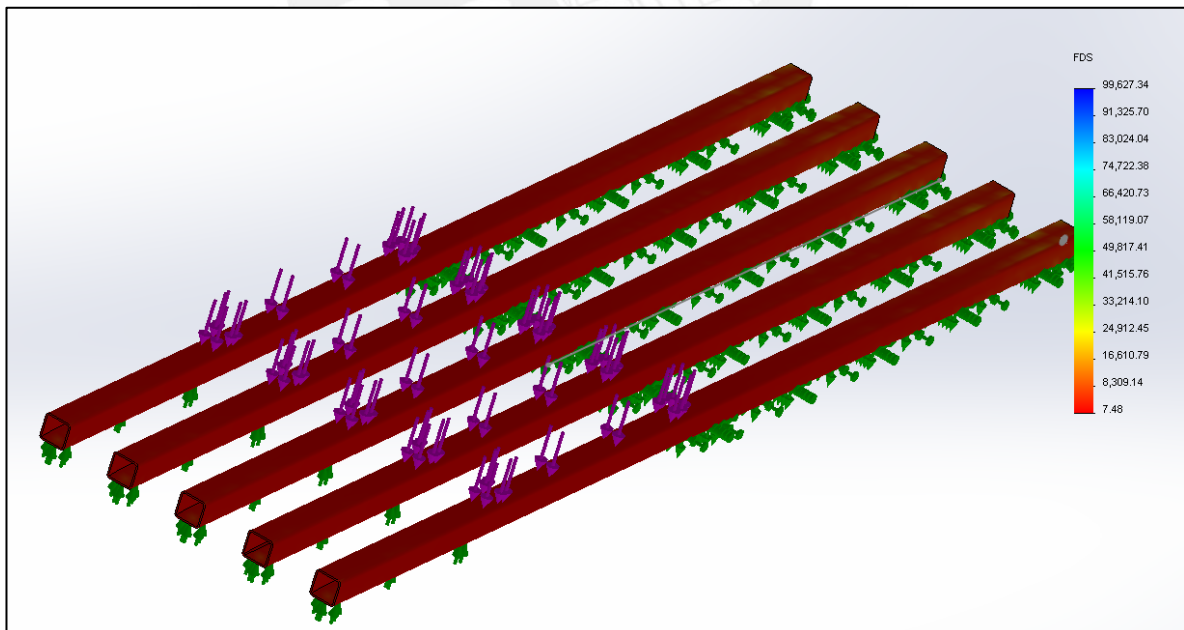


Fig. 8 Análisis de Factor de Seguridad Vigas

Anexo 3: Selección hidráulica

El siguiente anexo muestra los cálculos de la sección hidráulica encargada del proceso de automatización.

1) Selección del cilindro:

$$A_{\text{anular requerida}} = F/p$$

F: fuerza que ejerce la carga sobre el pistón 120000N
p: presión máxima que soporta 125 bar = 12,5 N²/mm

$A_{\text{anular requerida}} = 96 \text{ cm}^2$, el valor inmediato superior normalizado (ver anexo x) es 150.72 cm²

Corresponde a un embolo de 160 mm y un vástago de 80 mm

El cilindro debe de tener amortiguamiento en ambos lados para evitar los goles y la sujeción al cilindro con una brida anterior

2) Selección de bomba

El retiro de las vigas se debe de hacer a una velocidad de 1 m/min, por lo tanto $Q = V \cdot A = 1(\text{m/min}) \cdot (150.72 \text{ cm}^2) \cdot 100 = 15072 \text{ cm}^3/\text{min}$.

El motor eléctrico que entrega potencia a la bomba gira a 1760 rpm. Entonces el desplazamiento volumétrico es:

$$Q = V_b \cdot n$$

$$V_b = Q/n = 15072/1760 = 8.56 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

$$V_{cc} = V_b/nv = 8.56/0.97 = 8.82 \text{ cm}^3/\text{rev}, \text{ donde } nv \text{ es la eficiencia de la bomba}$$

De esta manera se necesita una bomba con desplazamiento volumétrico de 8.82 cm³/rev

3) Determinación de la potencia

$$\text{Presión real: } p_{\text{real}} = F / A_{\text{anular normalizada}} = 120000 / 150.72 = 796.18 \text{ N/cm}^2 = 80 \text{ bar}$$

$$\text{La potencia es: } P = p_{\text{real}} \cdot V_b \cdot n / (6000 \cdot nt) = 2.42 \text{ KW (potencia del motor)}$$

4) Calculo de falla por pandeo

Las fuerza producida por el pandeo considerando un esbeltez $\lambda \geq 90$

$$F_p = \pi^2 \cdot E \cdot I / (L_p^2 \cdot FS)$$

$$E \text{ (módulo de elasticidad): } 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

I (inercia de la sección del vástago): $\pi \cdot d^4 / 64 = 2010619.3 \text{ mm}^2$, d diámetro del vástago

L : recorrido del pistón 1500mm

L_p : condición de sujeción articulado-empotrado: $0.7L=1050$

FS : factor de seguridad 5

$$F_p = 755962.6 \text{ N}$$

Fuerza de trabajo:

$$F_{trabajo} = p_{real} * A_{embolo} = 80 \text{ bar} * 200.96 = 160768 \text{ N}$$

Se observa que $F < F_p$, por lo tanto el pistón no se pandea.



Anexo 4: Calculo fajas de transmisión de potencia

En el siguiente anexo se sustenta el tipo de faja según los requerimientos del funcionamiento de esta, se tiene en cuenta que se prefiere el uso de fajas por sus costos bajos en comparación con los reductores de velocidad, además que no se requiere de transmisiones de potencia muy elevadas.

Como primer punto se requiere encontrar la potencia requerida por cada uno de los sistemas:

1) Motor alimentador de madera

Para este análisis se toma la frecuencia con la cual se alimenta al horno abierto; sin embargo, este valor no es el final debido a que no se tienen ratios de consumo de combustible de los hornos verticales al ser estos una tecnología nueva.

De esta manera se tiene un flujo de madera de aproximadamente $1 \text{ m}^3/\text{h}$. El volumen que puede entregar el alimentador en cada vuelta es de 6505 cm^3 , por lo cual es necesario de 154 vueltas en una hora aproximadamente (3 rpm aprox.).

Este volumen que el alimentador entrega en cada vuelta es de 4 kg aproximadamente considerando a la densidad del cedro para el estudio (5800 Kg/m^3).

Por otro lado el peso del alimentador es 40kg y su centro de masa se encuentra en -13 mm en X y -12 mm en Y de su centro de giro (dato obtenido del analizador propio del programa de diseño SolidWorks).

La potencia necesaria en el punto más crítico es de 3,15 W. para el estudio consideraremos 1/8 Hp (factor de seguridad de 30) debido a posibles trabas al momento de dispensar la madera.

Por lo tanto la faja a usar:

Optibelt Hp 8M

Poleas de 8.49 mm y 488.92 mm con una distancia entre centro de 328mm.

De esta manera obtenemos una relación de transmisión de 1:216.

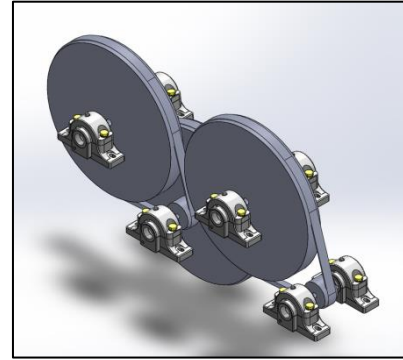


Fig. 1 Transmisión de potencia mediante fajas sincrónicas

2) Motor vigas

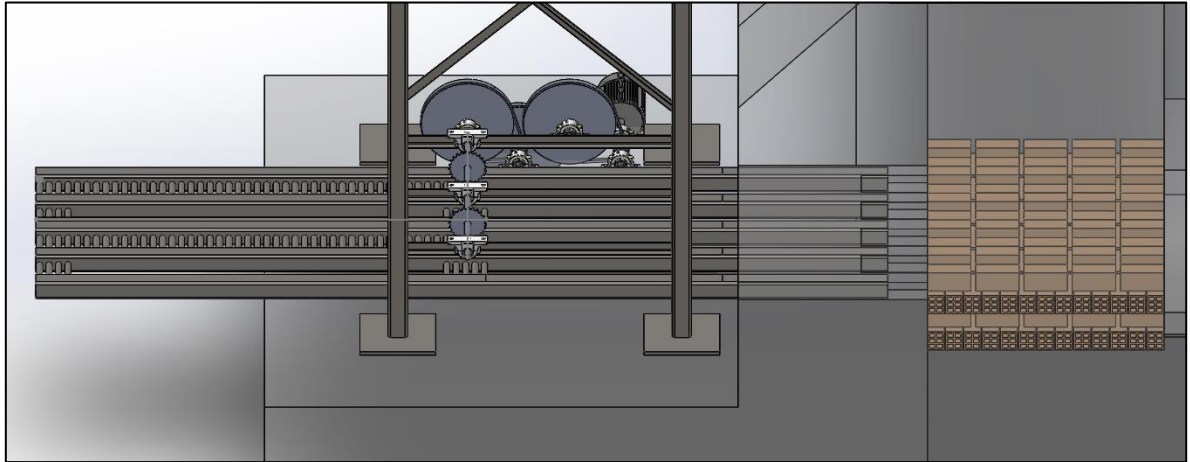


Fig. 2 Ubicación vigas

Se desea extraer las vigas a una velocidad de 4cm/s. considerando un diámetro del piñón de 20 cm, obteniendo de esta manera una velocidad del motor de 4rpm.

Por otro lado el peso del de todas las vigas es de 470kg (dato obtenido del analizador propio del programa de diseño SolidWorks) y su desplazamiento es axial como lo indica la figura 54.

Por lo tanto, la potencia necesaria en el punto más crítico es de 200 W. para el estudio consideraremos 1/2 Hp.

Por lo tanto la faja a usar:

Optibelt HP 8M

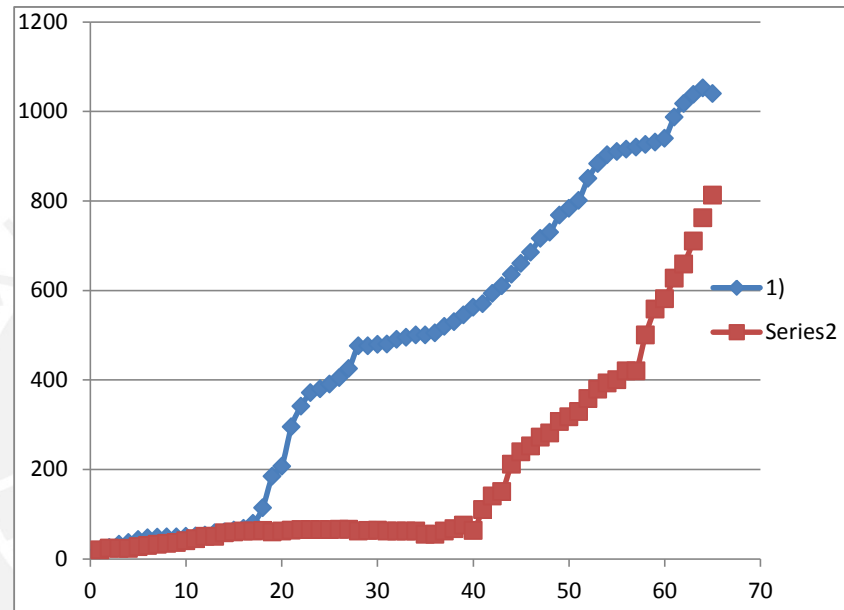
Poleas de 8.49 mm y 488.92 mm con una distancia entre centro de 328mm.

De esta manera obtenemos una relación de transmisión de 1:216.

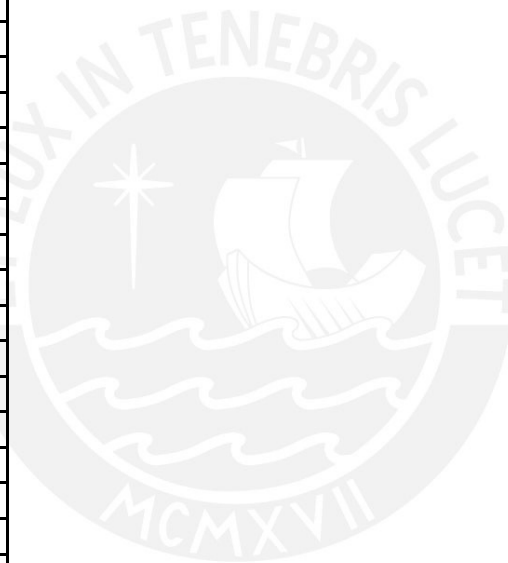
Anexo 5: Datos quema horno cerrado

1)

hora real	hora quema	T1	T2
19:00	1	20	20
20:00	2	25	24
21:00	3	32	23
22:00	4	36	23
23:00	5	43	27
00:00	6	47	30
01:00	7	48	32
02:00	8	49	34
03:00	9	49	36
04:00	10	50	40
05:00	11	51	45
06:00	12	53	50
07:00	13	58	50
08:00	14	60	58
09:00	15	64	60
10:00	16	68	62
11:00	17	79	62
12:00	18	114	63
13:00	19	184	60
14:00	20	207	62
15:00	21	295	64
16:00	22	341	65
17:00	23	371	65
18:00	24	380	65
19:00	25	390	65
20:00	26	405	66
21:00	27	425	66
22:00	28	476	62
23:00	29	476	63
00:00	30	479	64



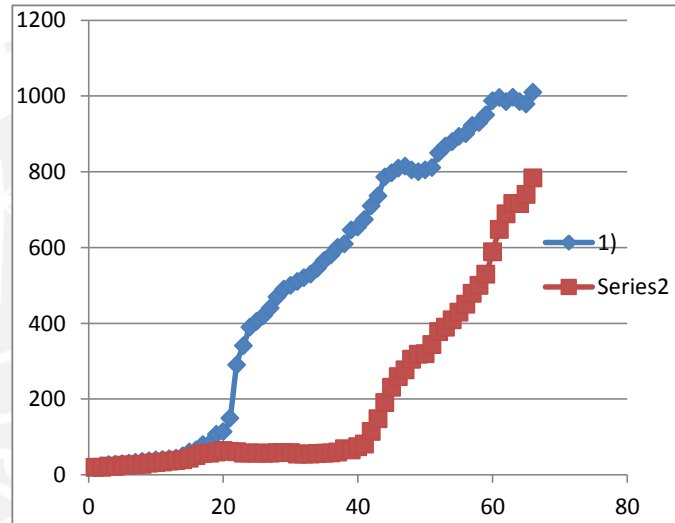
01:00	31	480	62
02:00	32	490	62
03:00	33	495	62
04:00	34	500	62
05:00	35	500	55
06:00	36	505	55
07:00	37	519	62
08:00	38	530	67
09:00	39	545	75
10:00	40	562	63
11:00	41	570	110
12:00	42	593	140
13:00	43	610	150
14:00	44	636	211
15:00	45	660	239
16:00	46	685	252
17:00	47	716	272
18:00	48	730	281
19:00	49	768	307
20:00	50	783	317
21:00	51	801	329
22:00	52	850	358
23:00	53	883	379
00:00	54	903	393
01:00	55	910	400
02:00	56	915	420
03:00	57	920	420
04:00	58	926	500
05:00	59	931	558
06:00	60	940	581
07:00	61	987	627
08:00	62	1017	659
09:00	63	1038	710



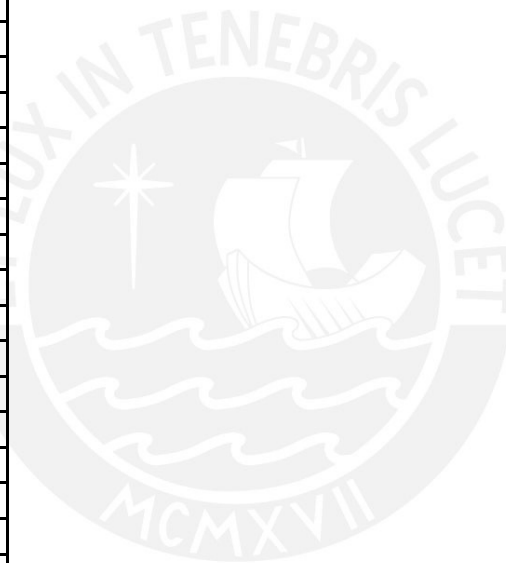
09:30		1040	748
10:00	64	1052	762
10:20		1055	775
10:30		1049	788
10:40		1044	800
11:00	65	1040	813

A2

hora real	hora quema	T1	T2
18:00	1	20	20
19:00	2	23	20
20:00	3	27	23
21:00	4	28	22
22:00	5	29	25
23:00	6	31	26
00:00	7	33	27
01:00	8	35	28
02:00	9	37	31
03:00	10	39	32
04:00	11	40	34
05:00	12	42	36
06:00	13	44	38
07:00	14	50	40
08:00	15	60	44
09:00	16	66	51
10:00	17	80	56
11:00	18	83	57
12:00	19	107	60
13:00	20	114	64
14:00	21	150	62
15:00	22	290	61
16:00	23	341	57
17:00	24	390	58
18:00	25	405	57



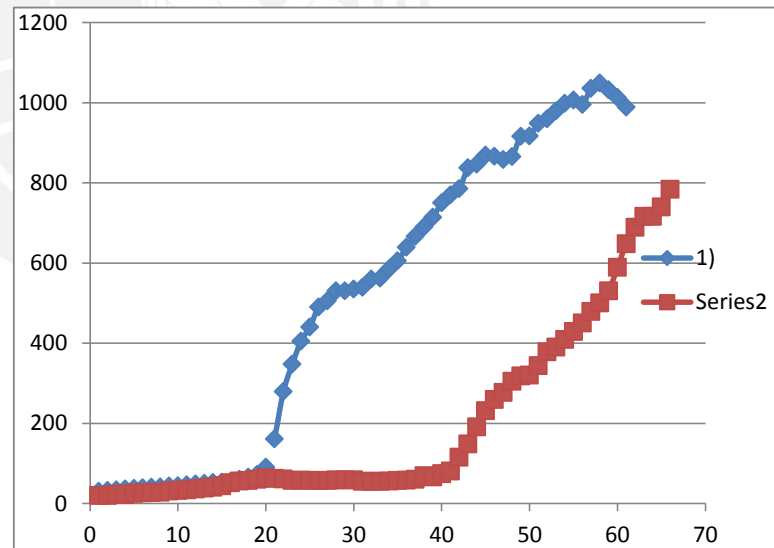
19:00	26	420	57
20:00	27	440	57
21:00	28	470	59
22:00	29	490	59
23:00	30	500	59
00:00	31	510	55
01:00	32	520	55
02:00	33	530	55
03:00	34	545	56
04:00	35	565	57
05:00	36	580	58
06:00	37	600	60
07:00	38	610	69
08:00	39	646	66
09:00	40	654	74
10:00	41	674	81
11:00	42	710	115
12:00	43	736	148
13:00	44	786	191
14:00	45	797	231
15:00	46	809	259
16:00	47	815	277
17:00	48	805	305
18:00	49	800	318
19:00	50	805	320
20:00	51	811	344
21:00	52	850	378
22:00	53	868	390
23:00	54	879	409
00:00	55	893	429
01:00	56	900	450
02:00	57	922	479
03:00	58	930	500



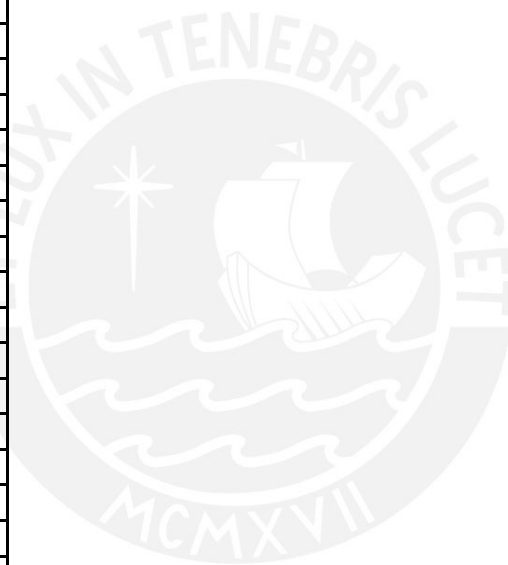
04:00	59	950	530
05:00	60	987	589
06:00	61	996	648
07:00	62	985	689
08:00	63	997	716
09:00	64	985	716
10:00	65	979	740
10:20		977	780
10:40		987	776
11:00	66	1010	784
11:50		978	744

A3

Hora real	Hora	T1	T2
18:00	1	30	24
19:00	2	32	26
20:00	3	34	28
21:00	4	36	30
22:00	5	37	32
23:00	6	39	32
00:00	7	40	34
01:00	8	41	36
02:00	9	43	35
03:00	10	44	36
04:00	11	46	38
05:00	12	48	40
06:00	13	50	42
07:00	14	52	44
08:00	15	53	46
09:00	16	54	47
10:00	17	60	50
11:00	18	65	55
12:00	19	72	55
13:00	20	90	58



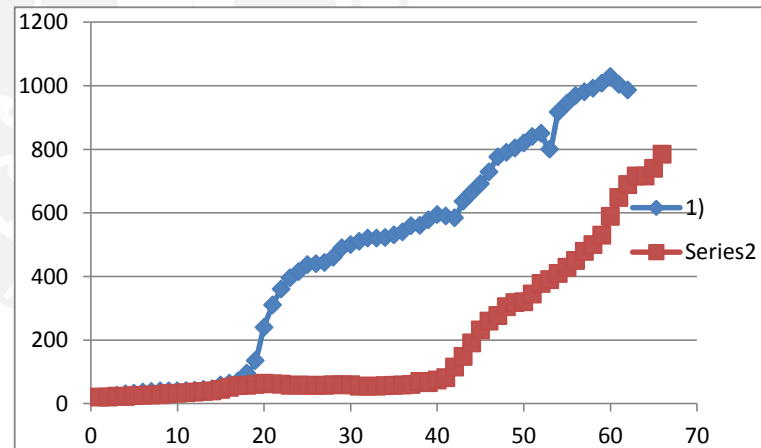
14:00		122	62
15:00	21	161	62
16:00	22	279	62
17:00	23	347	59
18:00	24	405	68
19:00	25	440	57
20:00	26	490	57
21:00	27	505	67
22:00	28	530	58
23:00	29	530	74
00:00	30	535	74
01:00	31	539	73
02:00	32	560	71
03:00	33	562	71
04:00	34	585	65
05:00	35	605	65
06:00	36	639	67
07:00	37	666	66
08:00	38	690	79
09:00	39	714	100
10:00	40	750	130
11:00	41	770	177
12:00	42	785	198
13:00	43	837	233
14:00	44	846	250
15:00	45	869	275
16:00	46	866	294
17:30		860	311
18:00	47	858	335
19:00	48	865	360
20:00	49	916	391
21:00	50	917	429
22:00	51	948	455



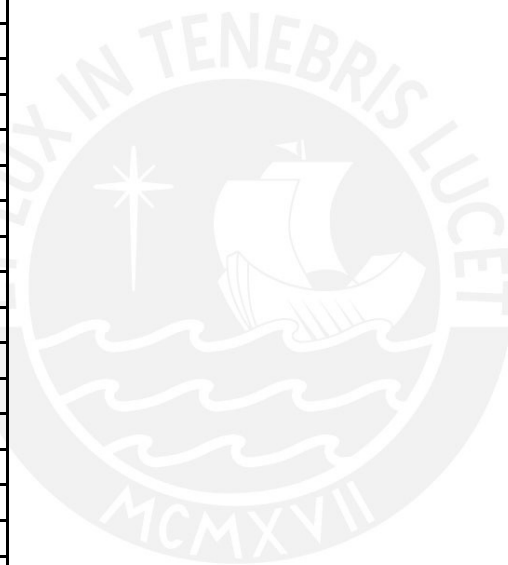
23:00	52	959	493
00:00	53	979	518
01:00	54	998	550
02:00	55	1006	576
03:00	56	995	602
04:00	57	1036	630
05:00	58	1049	646
06:00	59	1032	674
07:00	60	1013	702
07:15		1008	710
07:25		1002	727
07:45		993	840
07:55	61	989	850

A4

Hora real	Hora	T1	T2
18:00	1	20	20
19:00	2	22	20
20:00	3	26	22
21:00	4	30	21
22:00	5	32	24
23:00	6	36	26
00:00	7	38	30
01:00	8	40	32
02:00	9	40	34
03:00	10	40	35
04:00	11	41	37
05:00	12	42	39
06:00	13	44	46
07:00	14	46	42
08:00	15	58	54
09:00	16	64	53
10:00	17	70	56
11:00	18	95	62



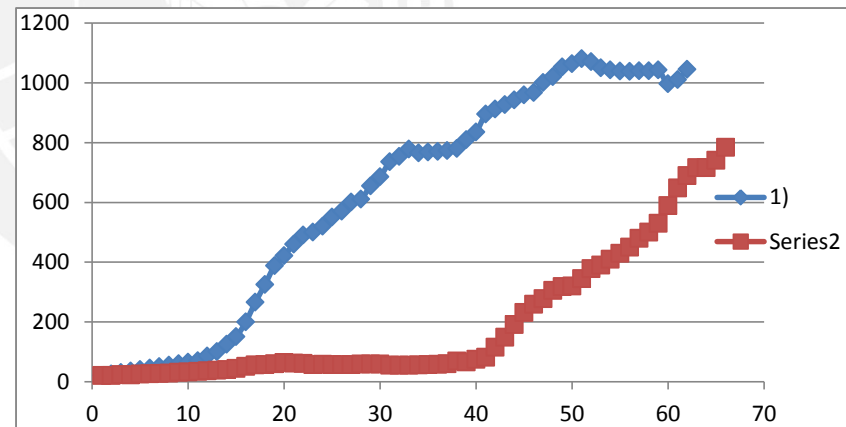
12:00	19	135	63
13:00	20	240	64
14:00	21	310	66
15:00	22	360	65
16:00	23	395	67
17:00	24	415	63
18:00	25	437	58
19:00	26	440	60
20:00	27	444	63
21:00	28	460	62
22:00	29	490	59
23:00	30	500	55
00:00	31	510	60
01:00	32	520	65
02:00	33	520	60
03:00	34	522	63
04:00	35	531	66
05:00	36	540	78
06:00	37	559	114
07:00	38	560	155
08:00	39	578	186
09:00	40	595	217
10:00	41	590	232
11:00	42	584	242
12:00	43	636	253
13:00	44	664	270
14:00	45	692	280
15:00	46	729	300
16:00	47	776	311
17:00	48	790	327
18:00	49	804	339
19:00	50	820	349
20:00	51	840	368



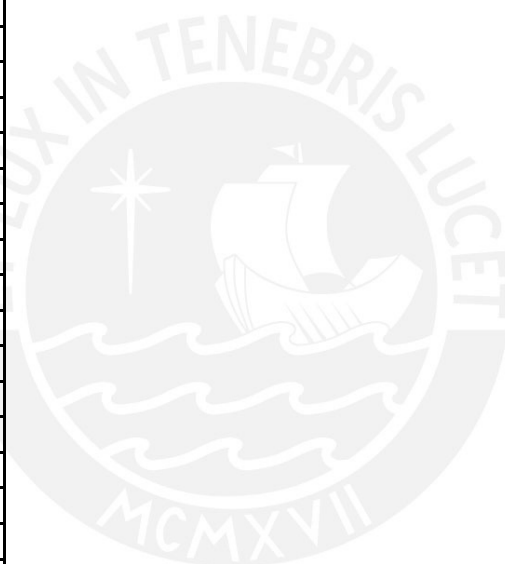
21:00	52	850	380
22:00	53	800	400
23:00	54	917	440
00:00	55	945	461
01:00	56	969	479
02:00	57	981	492
03:00	58	992	528
04:00	59	1008	569
04:50		1021	613
05:00	60	1029	618
06:00	61	1004	732
07:00	62	986	810

A5

hora real	hora quema	T1	T2
17:00	1	20	20
18:00	2	25	22
19:00	3	30	35
20:00	4	35	30
21:00	5	40	33
22:00	6	45	35
23:00	7	50	40
00:00	8	55	42
01:00	9	60	43
02:00	10	65	44
03:00	11	70	43
04:00	12	85	44
05:00	13	100	45
06:00	14	125	48
07:00	15	150	50
08:00	16	200	58
09:00	17	266	62
10:00	18	325	61
11:00	19	388	62



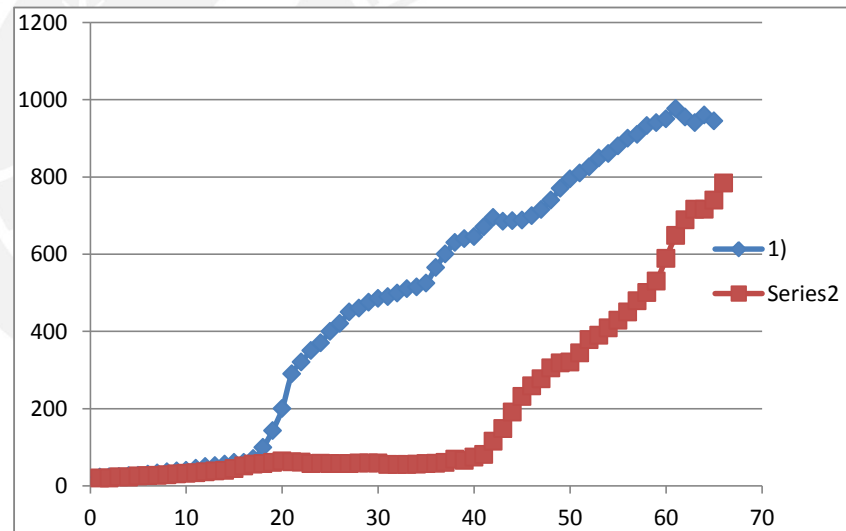
12:00	20	421	63
13:00	21	460	58
14:00	22	490	66
15:00	23	500	70
16:00	24	520	70
17:00	25	550	63
18:00	26	570	60
19:00	27	600	59
20:00	28	610	56
21:00	29	655	60
22:00	30	685	55
23:00	31	735	58
00:00	32	753	56
01:00	33	778	58
02:00	34	765	60
03:00	35	768	90
04:00	36	770	120
05:00	37	773	150
06:00	38	780	120
07:00	39	809	210
08:00	40	835	235
09:00	41	895	275
10:00	42	912	300
11:00	43	927	330
12:00	44	942	367
13:00	45	959	390
14:00	46	967	410
15:00	47	1000	442
16:00	48	1020	479
17:00	49	1053	508
18:00	50	1063	550
19:00	51	1080	580
20:00	52	1070	621



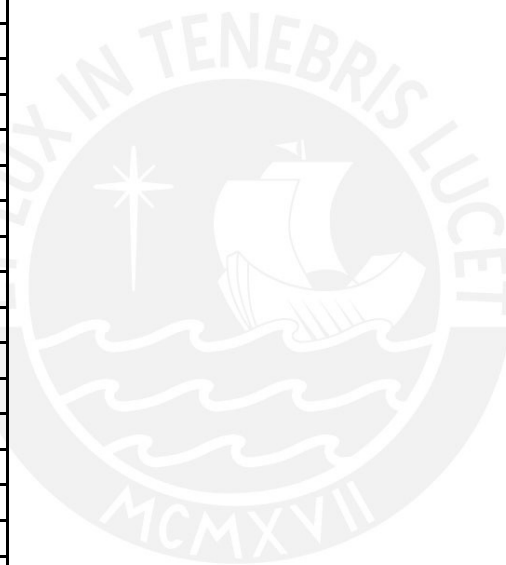
21:00	53	1050	673
22:00	54	1043	689
23:00	55	1039	712
00:00	56	1038	720
01:00	57	1040	725
02:00	58	1040	741
03:00	59	1043	755
04:00	60	996	760
05:00	61	1010	780
06:00	62	1045	800
06:30		1010	820

A6

Hora real	Hora	T1	T2
19:00	1	22	22
20:00	2	23	20
21:00	3	24	21
22:00	4	26	22
23:00	5	27	23
00:00	6	30	24
01:00	7	33	26
02:00	8	34	28
03:00	8	36	30
04:00	9	38	32
05:00	10	40	34
06:00	11	45	40
07:00	12	50	46
08:00	13	52	46
09:00	14	56	50
10:00	15	60	55
11:00	16	60	56
12:00	17	70	57
13:00	18	99	59
14:00	19	143	59



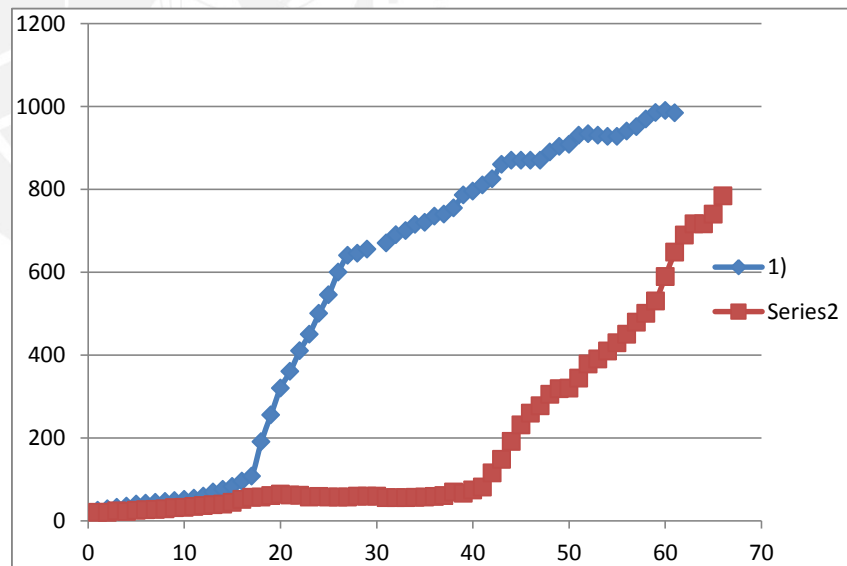
15:00	20	200	59
16:00	21	290	58
17:00	22	320	53
18:00	23	350	56
19:00	24	370	56
20:00	25	400	56
21:00	26	420	54
22:00	27	450	54
23:00	28	460	53
00:00	29	475	53
01:00	30	485	53
02:00	31	490	51
03:00	32	499	50
04:00	33	510	50
05:00	34	515	52
06:00	35	525	51
07:00	36	565	59
08:00	37	600	65
09:00	38	630	78
10:00	39	640	100
11:00	40	645	115
12:00	41	670	125
13:00	42	695	156
14:00	43	685	180
15:00	44	686	185
16:00	45	688	193
17:00	46	699	210
18:00	47	715	220
19:00	48	740	230
20:00	49	770	255
21:00	50	795	280
22:00	51	810	308
23:00	52	826	330



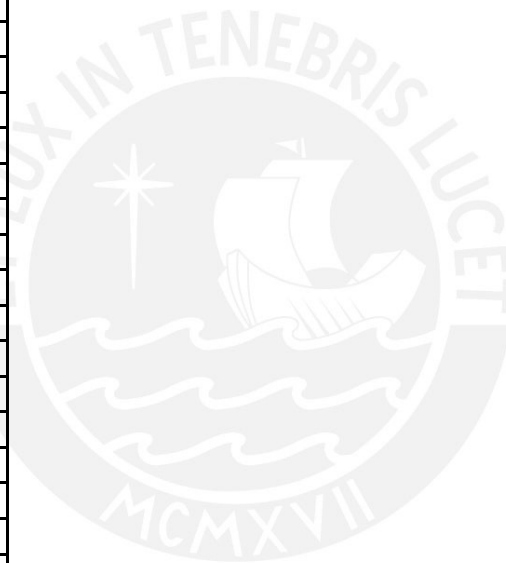
00:00	53	849	355
01:00	54	860	375
02:00	55	880	390
03:00	56	900	420
04:00	57	910	440
05:00	58	933	487
06:00	59	940	505
07:00	60	950	530
08:00	61	977	555
09:00	62	955	705
10:00	63	940	730
11:00	64	960	780
12:00	65	945	805

A7

Hora real	Hora	T1	T2
21:00	1	25	25
22:00	2	28	26
23:00	3	32	29
00:00	4	35	31
01:00	5	40	32
02:00	6	42	33
03:00	7	44	35
04:00	8	46	37
05:00	9	48	40
06:00	10	51	45
07:00	11	54	50
08:00	12	59	55
09:00	13	69	56
10:00	14	75	60
11:00	15	82	60
12:00	16	95	65
13:00	17	107	63
14:00	18	190	60



15:00	19	255	65
16:00	20	320	65
17:00	21	360	59
18:00	22	410	60
19:00	23	450	60
20:00	24	500	58
21:00	25	545	60
22:00	26	600	64
23:00	27	640	65
00:00	28	645	65
01:00	29	655	63
02:00	30		
03:00	31	670	61
04:00	32	690	61
05:00	33	700	60
06:00	34	715	67
07:00	35	720	69
08:00	36	735	75
09:00	37	740	98
10:00	38	755	115
11:00	39	786	140
12:00	40	795	160
13:00	41	810	190
14:00	42	825	215
15:00	43	860	250
16:00	44	870	279
17:00	45	870	285
18:00	46	870	318
19:00	47	870	338
20:00	48	890	350
21:00	49	903	370
22:00	50	908	392
23:00	51	930	415

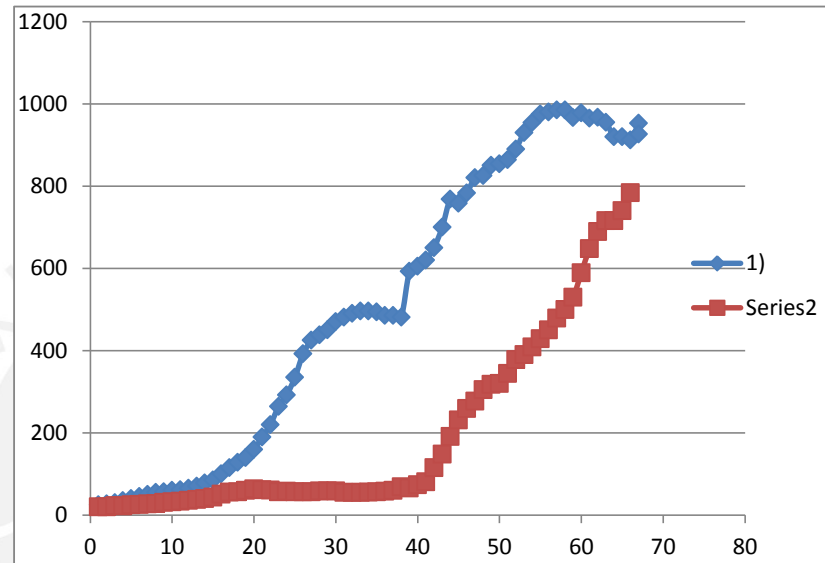


00:00	52	934	435
01:00	53	930	460
02:00	54	927	495
03:00	55	927	515
04:00	56	940	550
05:00	57	951	650
06:00	58	969	670
07:00	59	985	700
08:00	60	990	783
08:30		985	801
08:40		988	785
08:43		991	776
08:45		997	770
09:00	61	984	724

A8

hora real	hora quema	T1	T2
14:00	1	25	20
15:00	2	27	22
16:00	3	30	2
17:00	4	35	27
18:00	5	40	30
19:00	6	45	35
20:00	7	50	40
21:00	8	55	45
22:00	9	57	46
23:00	10	60	46
00:00	11	62	46
01:00	12	65	46
02:00	13	70	46
03:00	14	78	46
04:00	15	85	46
05:00	16	100	46
06:00	17	115	47

07:00	18	128	47
08:00	19	140	49
09:00	20	160	52
10:00	21	190	53
11:00	22	220	53
12:00	23	264	58
13:00	24	292	63
14:00	25	335	55
15:00	26	392	58
16:00	27	425	58
17:00	28	438	57
18:00	29	450	55
19:00	30	470	55
20:00	31	481	51
21:00	32	490	68
22:00	33	496	69
23:00	34	496	67
00:00	35	494	62
01:00	36	485	60
02:00	37	485	62
03:00	38	481	55
04:00	39	593	51
05:00	40	605	58
06:00	41	620	56
07:00	42	650	56
08:00	43	700	62
09:00	44	768	75
10:00	45	758	87
11:00	46	783	105
12:00	47	820	120
13:00	48	825	140
14:00	49	850	160
15:00	50	854	170

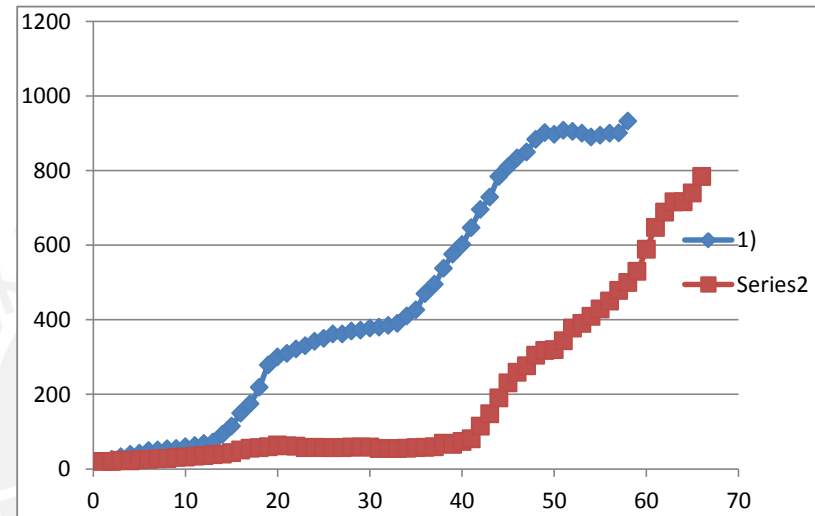


16:00	51	864	190
17:00	52	890	215
18:00	53	930	215
19:00	54	954	250
20:00	55	975	275
21:00	56	980	300
22:00	57	985	320
23:00	58	985	335
00:00	59	966	375
01:00	60	978	405
02:00	61	965	450
03:00	62	967	470
04:00	63	955	505
05:00	64	920	520
06:00	65	920	550
07:00	66	912	606
08:00	67	953	600
08:20		953	640
08:30		940	690
08:40		930	750
08:50		936	776
09:17	67	926	790
09:19		925	800

A9

Hora real	Hora	T1	T2
22:00	1	20	20
23:00	2	26	24
00:00	3	33	39
01:00	4	39	31
02:00	5	42	38
03:00	6	49	46
04:00	7	51	48
05:00	8	54	50

06:00	9	55	52
07:00	10	60	57
08:00	11	63	59
09:00	12	68	61
10:00	13	72	61
11:00	14	93	60
12:00	15	115	61
13:00	16	150	62
14:00	17	175	61
15:00	18	219	61
16:00	19	279	60
17:00	20	300	62
18:00	21	310	62
19:00	22	322	62
20:00	23	330	62
21:00	24	342	62
22:00	25	350	62
23:00	26	362	61
00:00	27	362	61
01:00	28	370	61
02:00	29	372	61
03:00	30	378	58
04:00	31	380	58
05:00	32	385	56
06:00	33	390	58
07:00	34	410	65
08:00	35	427	76
09:00	36	470	83
10:00	37	495	105
11:00	38	538	128
12:00	39	576	144
13:00	40	602	178
14:00	41	647	204

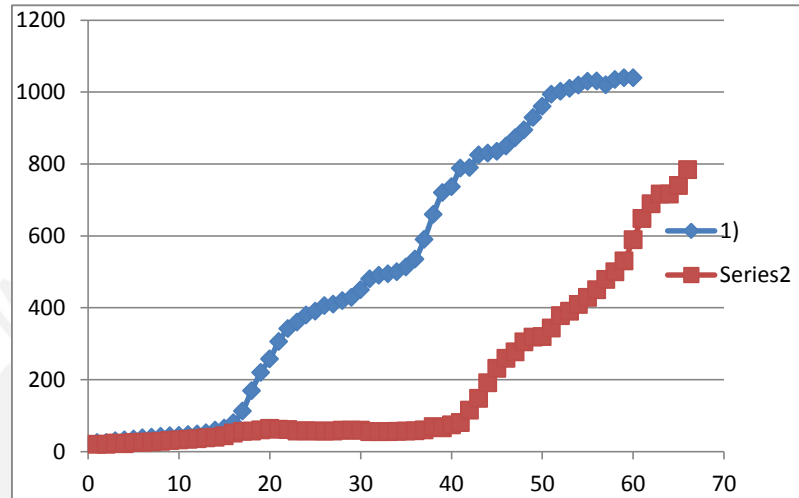


15:00	42	696	223
16:00	43	729	235
17:00	44	784	258
18:00	45	810	281
19:00	46	834	310
20:00	47	850	325
21:00	48	884	360
22:00	49	902	387
23:00	50	897	430
00:00	51	908	451
01:00	52	905	468
02:00	53	900	490
03:00	54	890	515
04:00	55	895	525
05:00	56	900	550
06:00	57	901	580
07:00	58	933	640
07:30		942	702
08:26		956	779
08:30		956	800
08:50		957	830
09:07		960	825

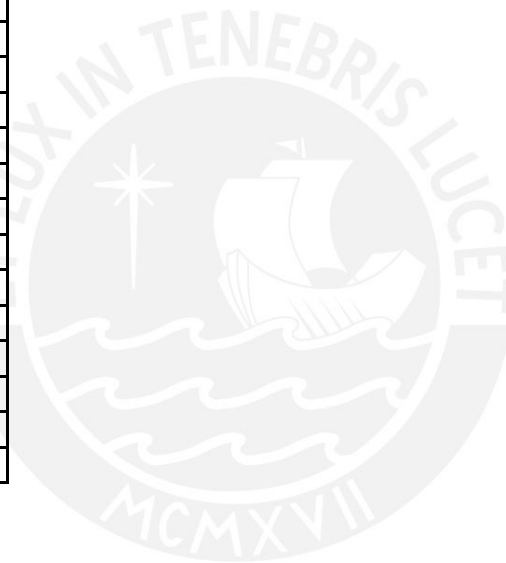
A10

Hora real	Hora	T1	T2
19:00	1	25	27
20:00	2	25	28
21:00	3	30	27
22:00	4	32	30
23:00	5	35	33
00:00	6	38	36
01:00	7	40	37
02:00	8	42	38
03:00	9	44	39


04:00	10	45	40
05:00	11	47	41
06:00	12	49	44
07:00	13	52	46
08:00	14	59	51
09:00	15	65	52
10:00	16	80	58
11:00	17	113	58
12:00	18	169	58
13:00	19	220	59
14:00	20	258	59
15:00	21	306	56
16:00	22	342	58
17:00	23	360	57
18:00	24	380	57
19:00	25	390	56
20:00	26	406	54
21:00	27	410	54
22:00	28	420	54
23:00	29	429	59
00:00	30	450	59
01:00	31	480	60
02:00	32	490	58
03:00	33	494	58
04:00	34	500	58
05:00	35	513	58
06:00	36	535	60
07:00	37	590	74
08:00	38	660	86
09:00	39	720	100
10:00	40	737	125
11:00	41	788	136
12:00	42	790	183



13:00	43	825	200
14:00	44	830	225
15:00	45	835	300
16:00	46	850	315
17:00	47	873	343
18:00	48	895	378
19:00	49	929	426
20:00	50	960	445
21:00	51	994	500
22:00	52	1002	536
23:00	53	1010	555
00:00	54	1019	586
01:00	55	1030	665
01:20	56	1031	670
01:45	57	1020	700
02:00	58	1035	720
02:30	59	1040	750
03:00	60	1040	800
03:30		1045	850
04:00		1035	850
05:00		1020	820
06:00		997	750



Anexo 6: cotizaciones electrónica e hidráulicas



Your online shop for Siemens Simatic S5, S7, HMI and Allen Bradley PLC parts. Purchase spare parts from original manufacturers at the lowest prices.

Home Shipping Terms & Conditions About This Shop Contact Us Inquiry

Quick Search by Part #

*** SPECIAL OFFERS ***

- Allen Bradley CompactLogix
- Allen Bradley ControlLogix
- Allen Bradley ControlNet
- Allen Bradley Distributed I/O
- Allen Bradley Drives
- Allen Bradley Embedded I/O
- Allen Bradley FlexEX
- Allen Bradley FlexIntegra
- Allen Bradley FlexLogix
- Allen Bradley GUARDPLC
- Allen Bradley HMI
- Allen Bradley Ind. Control
- Allen Bradley MicroLogix

Checkout

Items in Your Shopping Cart

Remove	Product(s)	Quantity	Unit Price	Total
<input type="checkbox"/>	6ED1 052-1CC01-0BA6 -FS-	1	\$114.00	\$114.00
<input type="checkbox"/>	6ED1 052-1MD00-0BA4 -NEW-	1	\$105.00	\$105.00
<input type="checkbox"/>	6ED1 055-1MM00-0BA1 -MFS-	1	\$150.00	\$150.00
<input type="checkbox"/>	6SE6 420-2AB12-5AA1 -FS-	1	\$220.00	\$220.00
<input type="checkbox"/>	6SE6 420-2AB17-5AA1 -NEW-	1	\$226.00	\$226.00
<input type="checkbox"/>	6EP1 332-1SH41 -FS-	1	\$100.00	\$100.00
Sub Total				\$915.00

TOP OFFERS

Siemens TI Components
10% OFF orders of \$1000+
In stock and available!

Siemens TI 405
Siemens TI 305
Siemens TI 315

Full One Year Warranty







Hablamos Español

Contáctese con uno de nuestros representantes al número:
+1 (956) 682-2400

o envíenos un correo electrónico a:
sales@plc-mall.com

PLC-MALL

All prices are in US dollars.

Index	Quantity	Image	Part Number	Description	Customer Reference	Available Quantity	Backorder Quantity	Unit Price	Extended Price
1	1		TMPKTJ05-ND	K TYPE XL HIGH TEMP .125		0 Immediate	1 Lead Time	56.80000	\$56.80
2	1		AD595AQ-ND	IC THERMOCOUPLE A W/COMP 14CDIP		1 Immediate	0	17.25000	\$17.25
3	1		CF14JT330RCT-ND	RES 330 OHM 1/4W 5% CARBON FILM		1 Immediate	0	0.08000	\$0.08
4	1		490-7125-ND	CAP CER 0.1UF 50V RADIAL		1 Immediate	0	0.25000	\$0.25
5	1		609-2245-ND	CONN RCPT 15POS .100 SGL STR PCB		1 Immediate	0	7.12000	\$7.12
6	1		P563-ND	LED RED DIFFUSED 3MM ROUND		1 Immediate	0	0.47000	\$0.47
Subtotal									\$81.97

DIGIKEY

PROFORMA

REMITE: FK MOBILE HYDRAULIC E.I.R.L

SEÑOR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA

N°	COMPONENTE	precio unitario (\$)	precio \$
1	presostato neumático	150	150
2	válvula estranguladora 1/2"	70	140
1	electro válvula 4/3 en posición central 1/2"	200	200
1	válvula relif 3/8"	130	130
2	manómetro vertical 1/2"	20	40
1	filtro hidráulico 1/2"	90	90
TOTAL (\$)			750

Atentamente
 Mirian Flores López
 Nextel: 823*5308 / 833*2030
 Telf.: 424-3984
 Dirección: Av. Argentina 523 Tda. M 1 –F10 C.C. Acoprom – Lima

PROFORMA

REMITE: YAK Equipamiento Industrial E.I.R.L

SEÑOR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA

- Fabricación de pistón hidráulico de doble efecto 100x100 por 1 metro de recorrido:

S/. 3500.00

Atentamente

Cel.: 953109823 / 981078900

Nextel: 310*9823 / 107*8900

Dirección: Jr. Acomayo N°408, Tda. B 8 (Alt. Crda. 5 Av. Argentina), C.C. Acoprom - Lima



Anexo 8: Presupuesto mecánica

PROFORMA

REMITE: INDUSTRIAS OTINIANO S.R.L.

RUC: 20543645801

SEÑOR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA

Se adjunta precios de piezas a soldar.

N°	PIEZA	PRECIO INCLUYE	P. UNITARIO	PRECIO S/.
2	cara 1	material, soldado y pulido	3000	6000
	cara 2	material, soldado y pulido		
2	estructura soporte	material, soldado y pulido	3500	7000
1	vigas soporte	material, soldado y pulido	4500	4500
1	tapa	material, soldado y pulido	850	850
2	alimentador	material, soldado y pulido	300	600
2	soporte transmision	material, soldado y pulido	500	1000
2	soporte transmision 2	material, soldado y pulido	250	500
6	piñon	material, soldado y pulido	150	900
1	Eje-piñon	material, soldado y pulido	250	250
2	Rejilla	material, soldado y pulido	750	1500
1	Baranda	material, soldado y pulido	300	300
			TOTAL	23400

Atentamente
M. J. Robles E.
Cel: 989580750
RPC: 989580750

Anexo 9: Presupuesto horno vertical

Horno Vertical

	L	a	h		J	
Ladrillo	230	110	90	mm	15	acero @ 45 cm vert y horiz.

Aprox	26,058	ladrillos	
-------	--------	-----------	--

Grava	E	0.1
	C	0.9

2100	8.57
425	3.40
1000	9.52380952

13	cm2
130	10%

5.01	cm2
2.59481038	

rampa

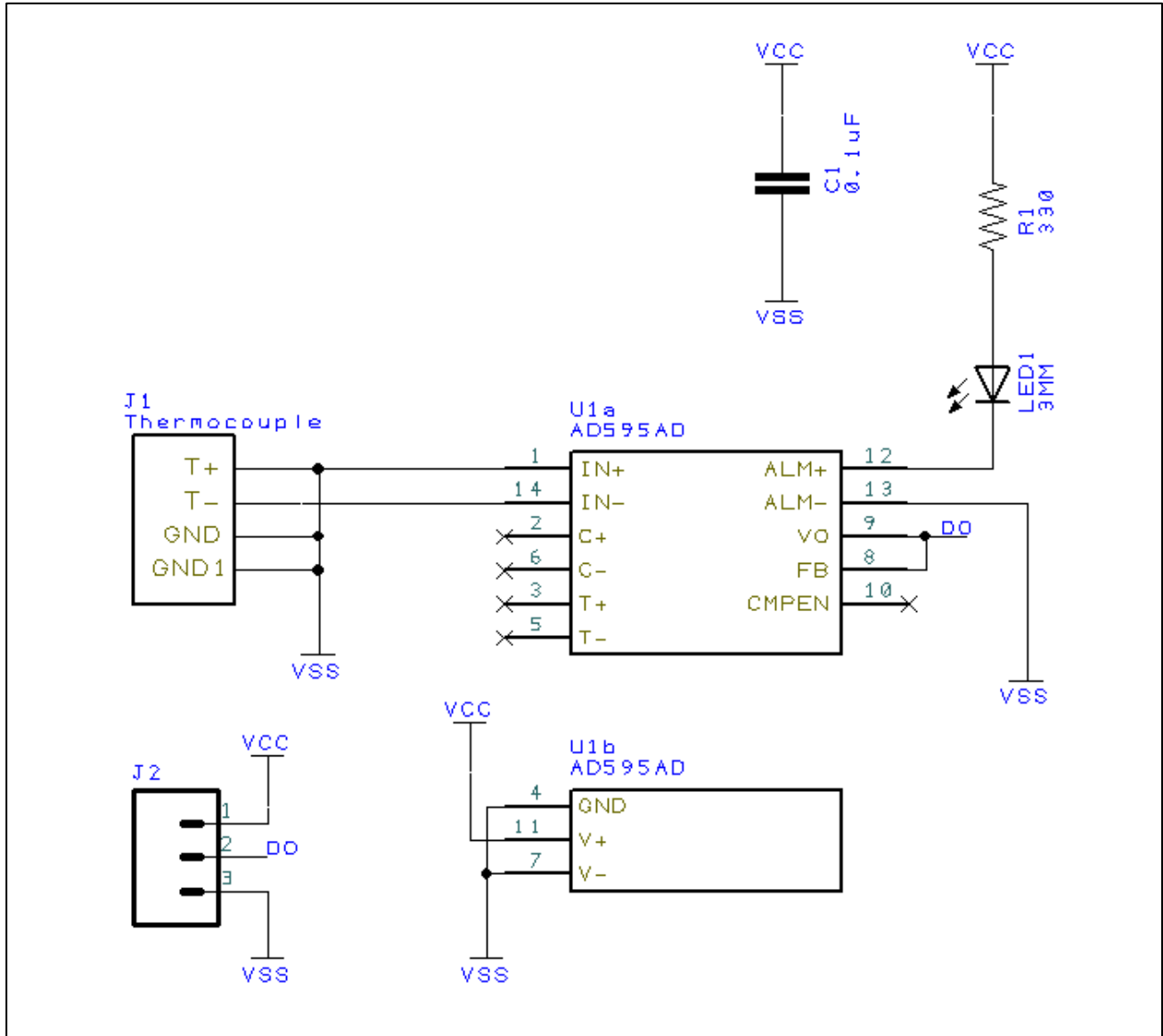
alto	largo	vol rampa	vol ladrillo	und	junta
2.09	3.61825414	39.4787709	0.00321563	12277.1688	10.29
4.411	7.64007611	51.3443757	0.00321563	15967.1528	13.39

TC	2.803
----	-------

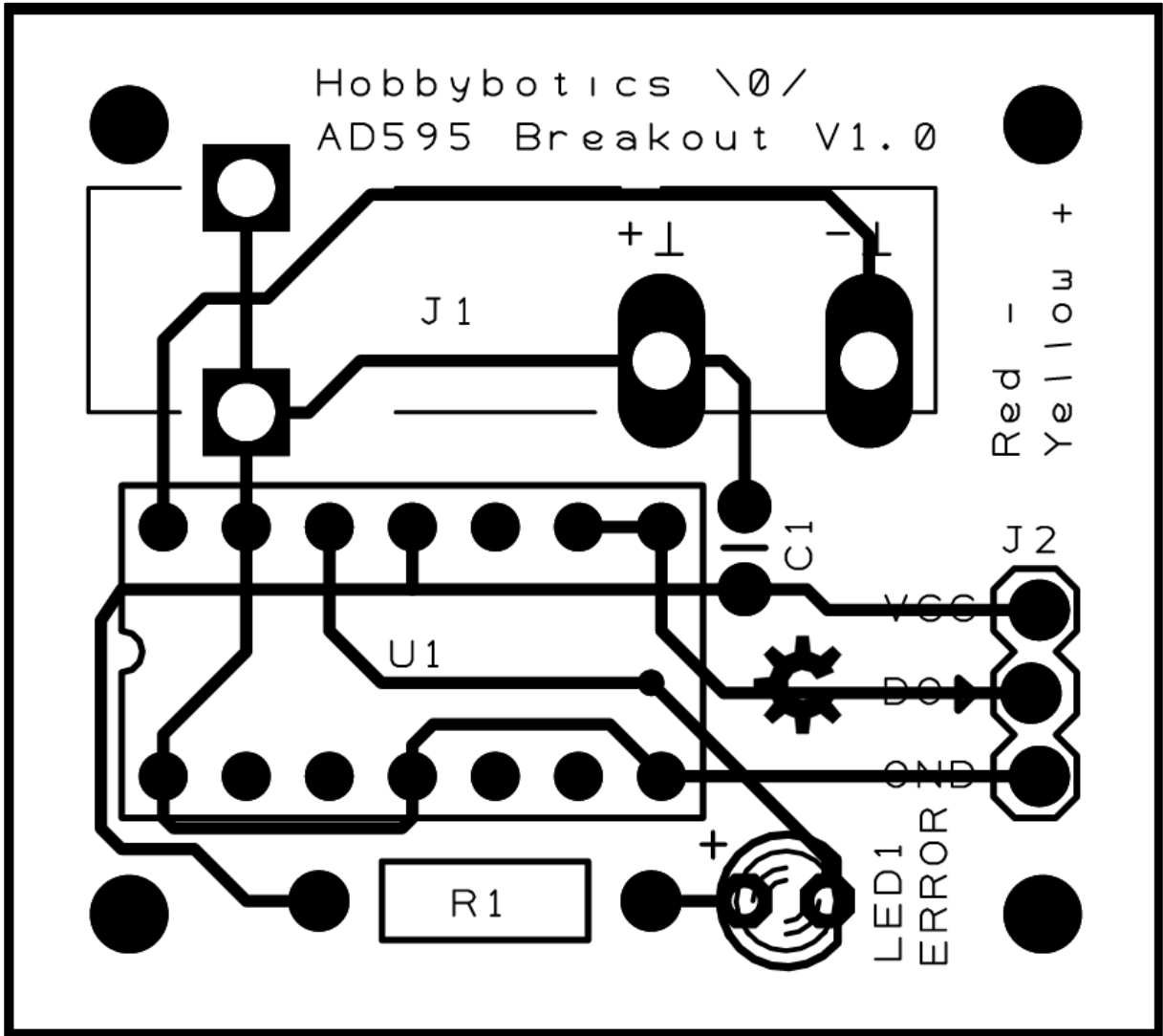
C
33

		Horno	Chimenea	Rampa	Total	P.U.	Precio
Movimiento de tierras							S/.0
	Vol. Excavado	m3	20	-	20	S/.21	S/.417
	Vol. Rellenado	m3	-	-	-	S/.19	S/.0
	Vol. Eliminado	m3	18	-	18	S/.21	S/.374
Concreto simple					-		S/.0
	Cimiento corr	m3	20	-	20	S/.263	S/.5,290
Muros y tabiques de albañilería					-		S/.0
	Ladrillos	und	26,058	278	28,244	54,580	S/.0
	Junta	m3	22	0	24	46	S/.311
	Acero @ 3/8"	kg	337	16		353	S/.3
Concreto armado					-		S/.0
	Vigas			-	-		S/.0
	Concreto	m3	4	-	4	S/.311	S/.1,119
	Encofrado y	m2	8	-	8	S/.31	S/.257
	Acero @ 1"	kg	560	-	560	S/.3	S/.1,618
	Losa aligerada			-	-		S/.0
	Concreto	m3	1	-	1	S/.311	S/.252
	Encofrado y	m2	3	-	3	S/.31	S/.101
	Acero @ 3/8"	kg	25	-	25	S/.3	S/.71
	Ladrillos	und	398	-	398	S/.0	S/.0
Contingencia					2%	S/.27	S/.1
						Subtotal	S/.24,980
					2%	Costo Directo	S/.500
						Total	S/.25,480
							\$9,090

Anexo 10: esquemático y board AD594

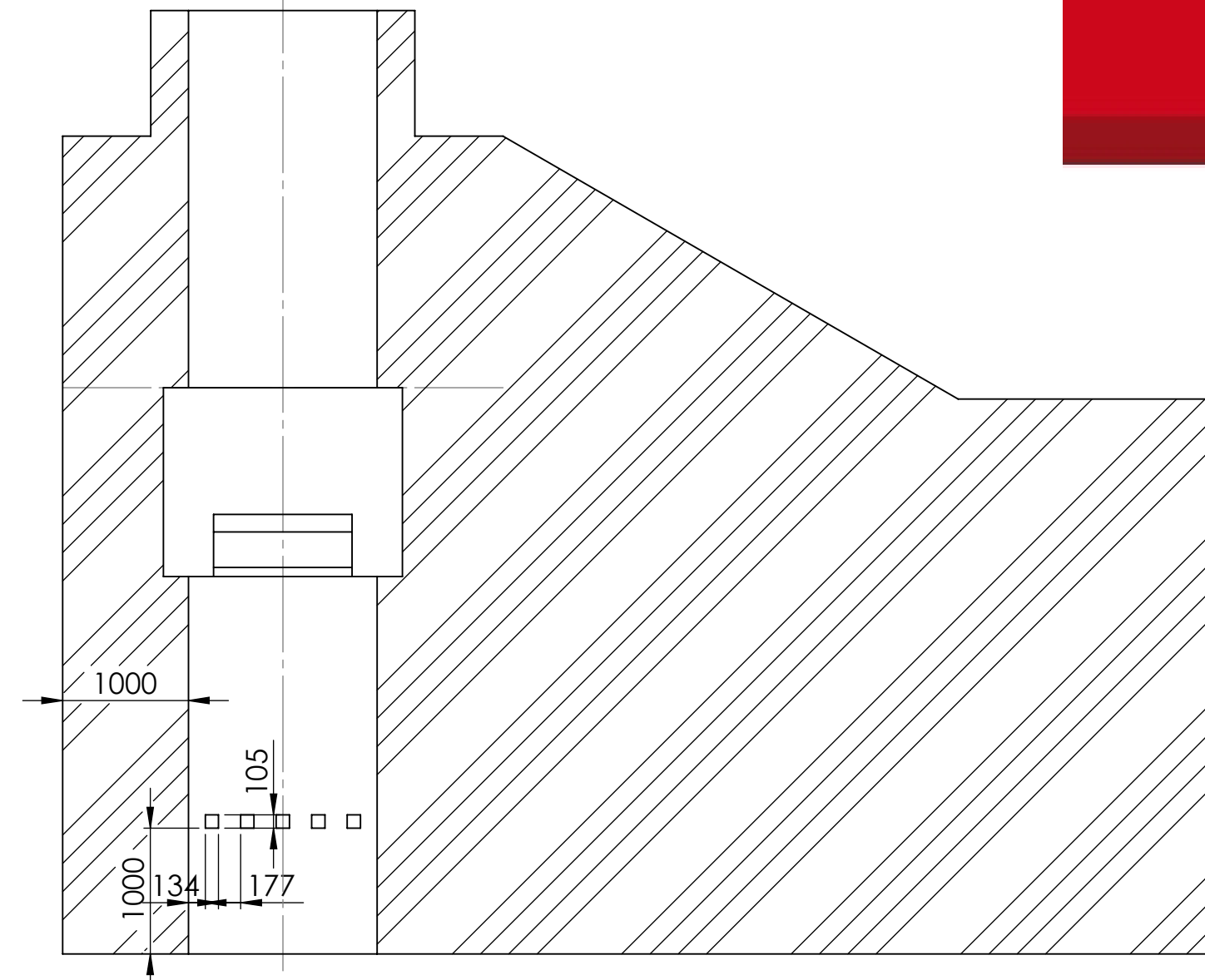


Esquemático

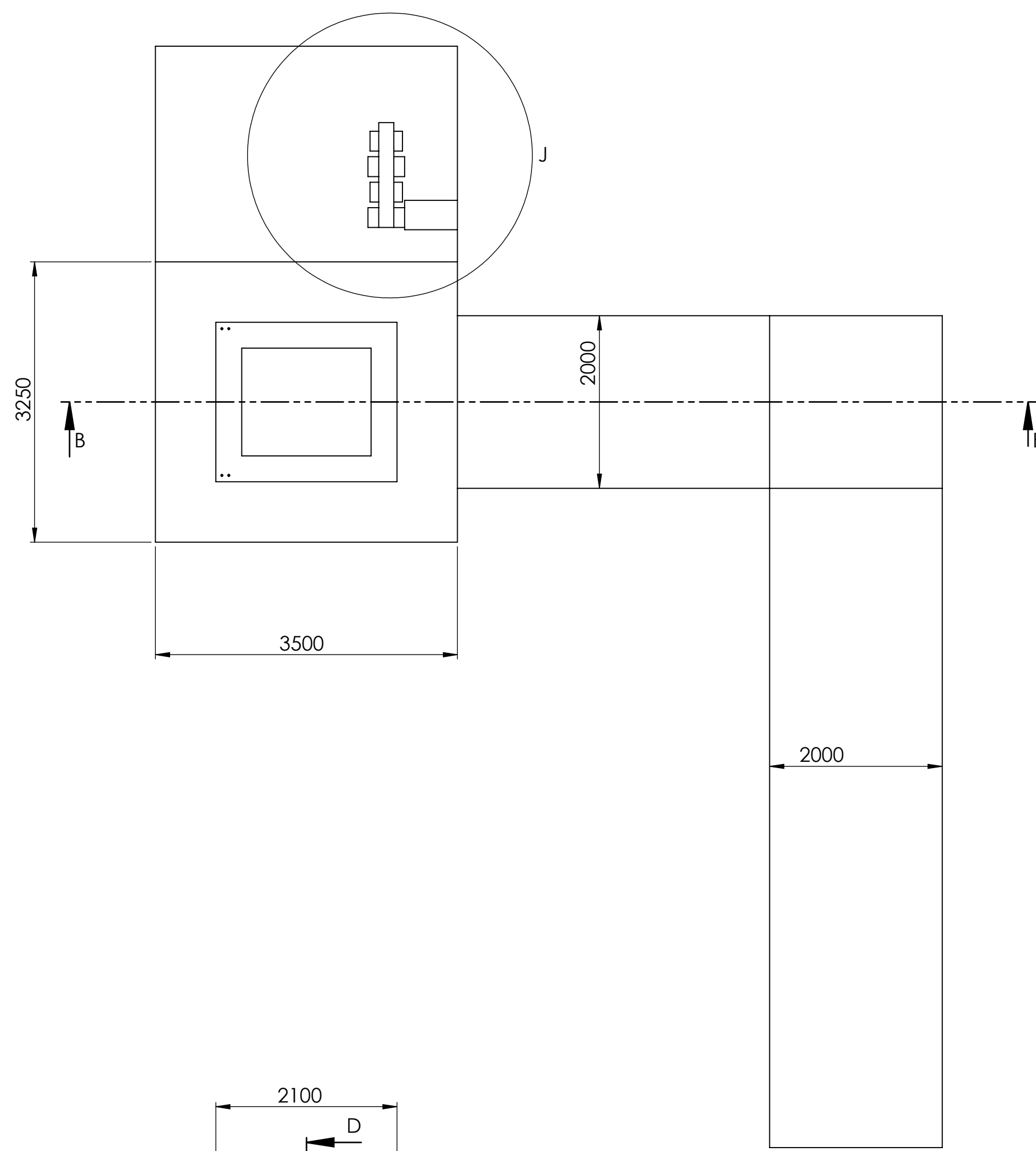


board

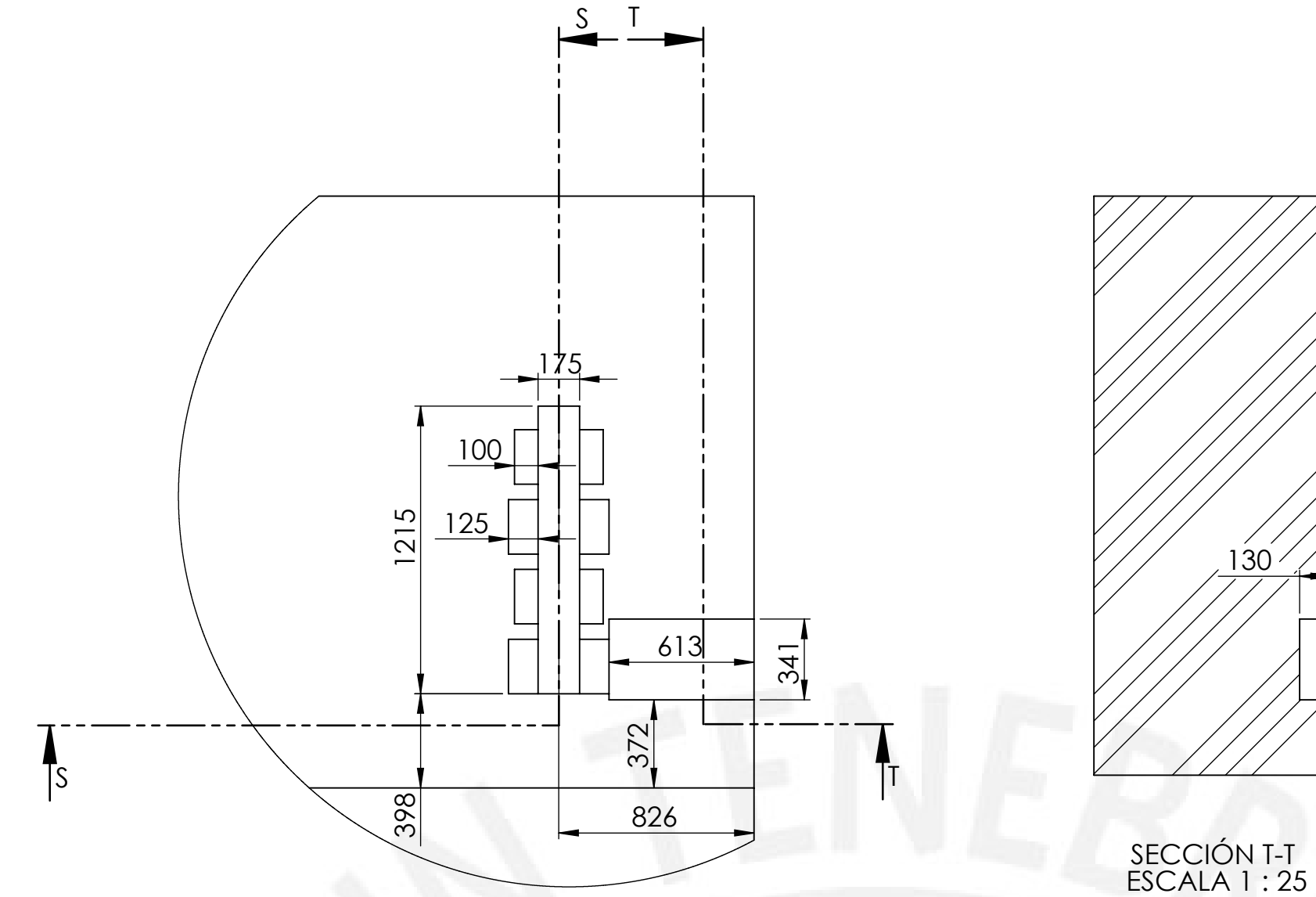
- Anexo 11: Plano horno vertical
- Anexo 12: Plano pared refractaria
- Anexo 13: Plano alimentador
- Anexo 14: Plano soporte almacén Largo
- Anexo 15: Plano soporte almacén Pequeño
- Anexo 16: Plano soporte faja 1
- Anexo 17: Plano soporte faja 2
- Anexo 18: Plano almacén cara 1
- Anexo 19: Plano almacén cara 2
- Anexo 20: Plano vigas
- Anexo 21: Plano rejilla
- Anexo 22: Plano tapa
- Anexo 23: Plano bisagra tapa
- Anexo 24: Plano piñón
- Anexo 25: Plano eje-piñón
- Anexo 26: Plano almacén
- Anexo 27: Plano baranda
- Anexo 28: Plano ensamblaje horno vertical
- Anexo 29: Datasheet AD595
- Anexo 30: Datasheet termocupla tipo k red lion



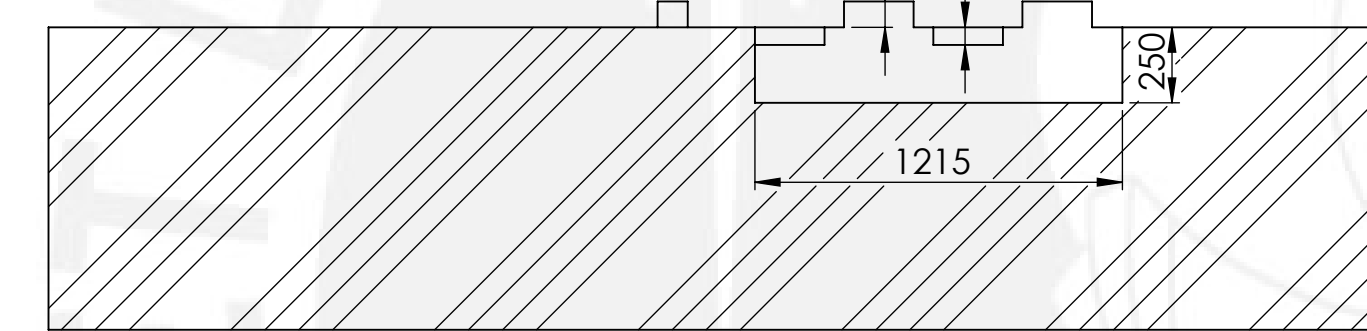
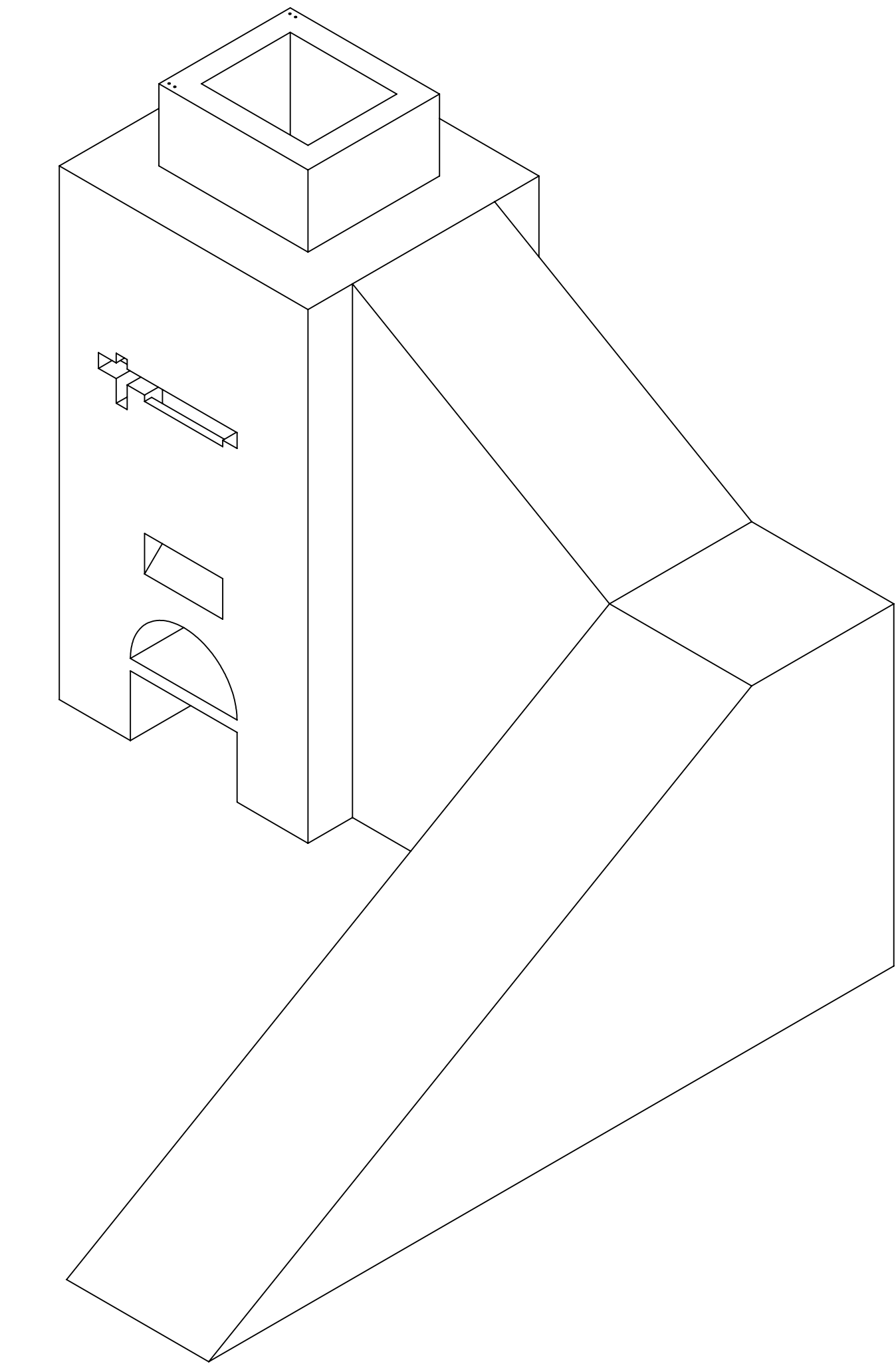
SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 50



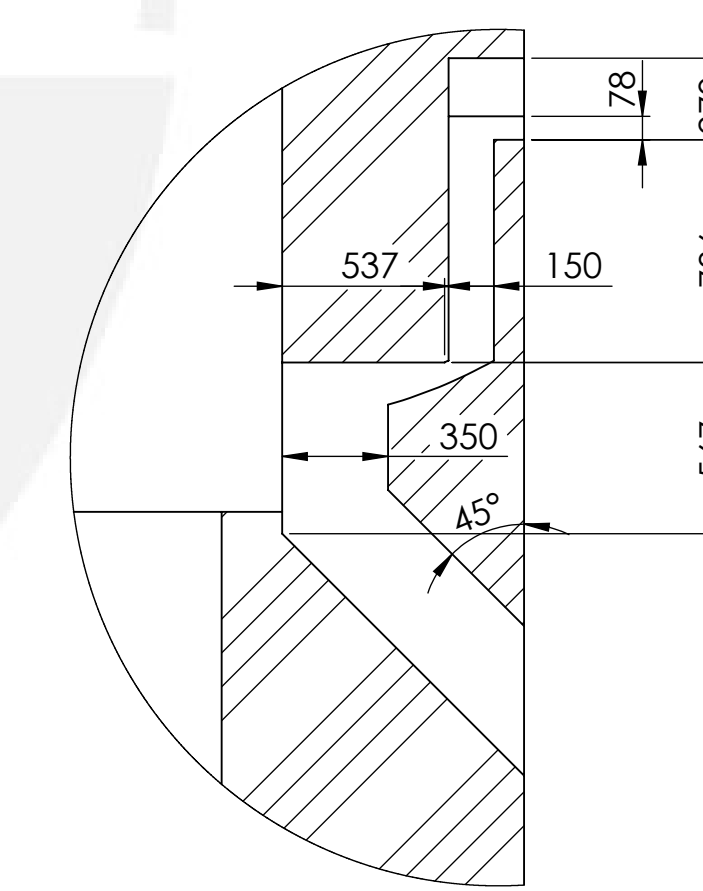
DETALLE J
ESCALA 1 : 25



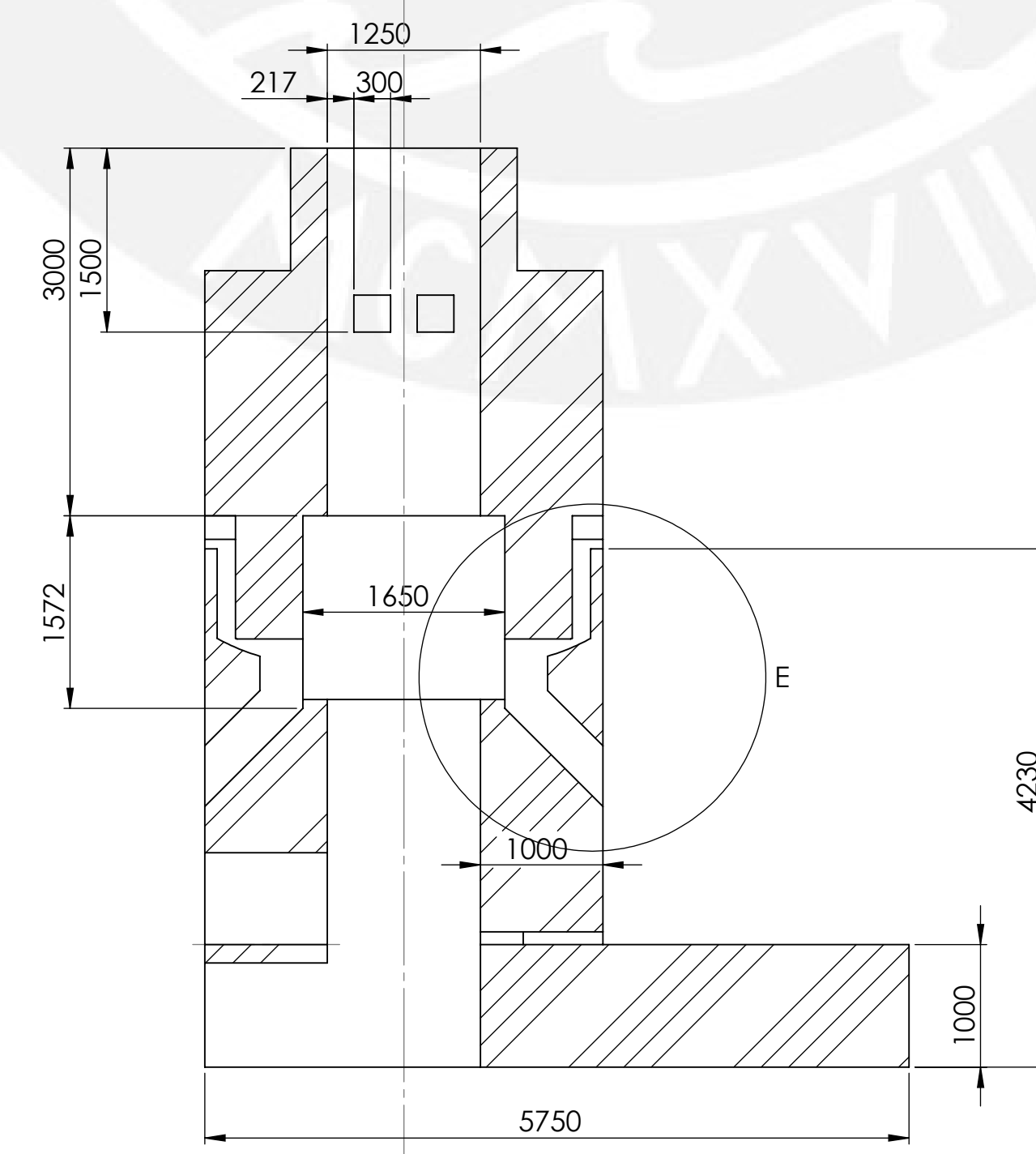
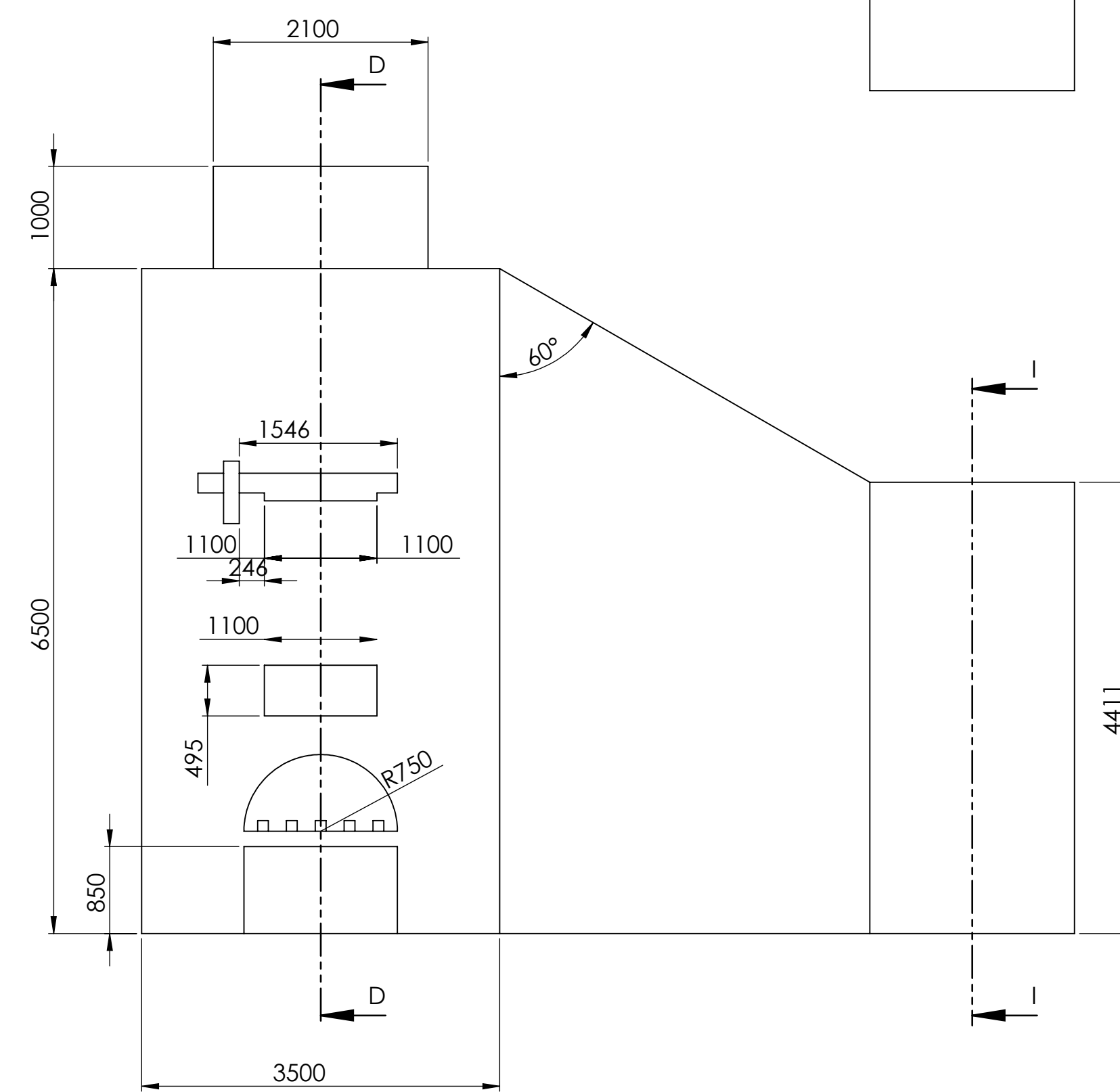
SECCIÓN T-T
ESCALA 1 : 25



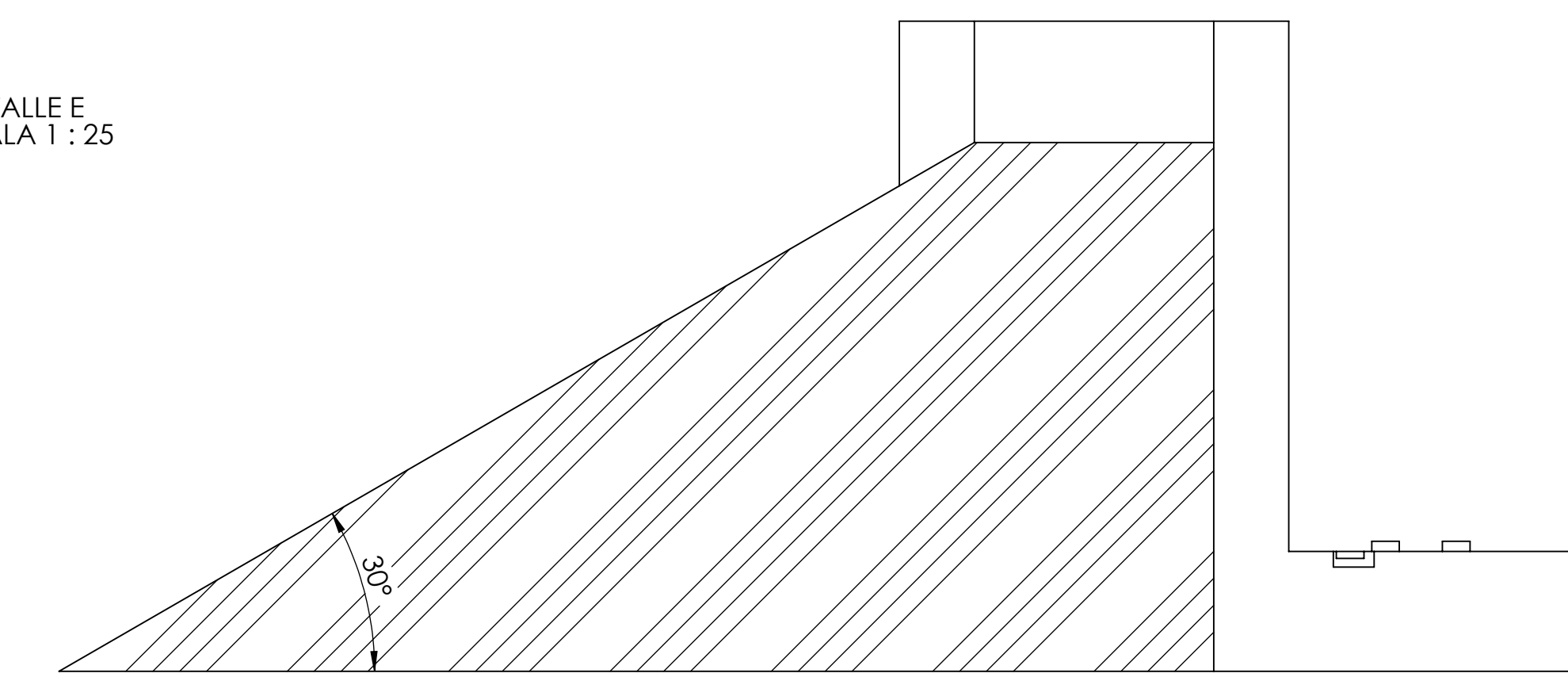
SECCIÓN S-S
ESCALA 1 : 25



DETALLE E
ESCALA 1 : 25



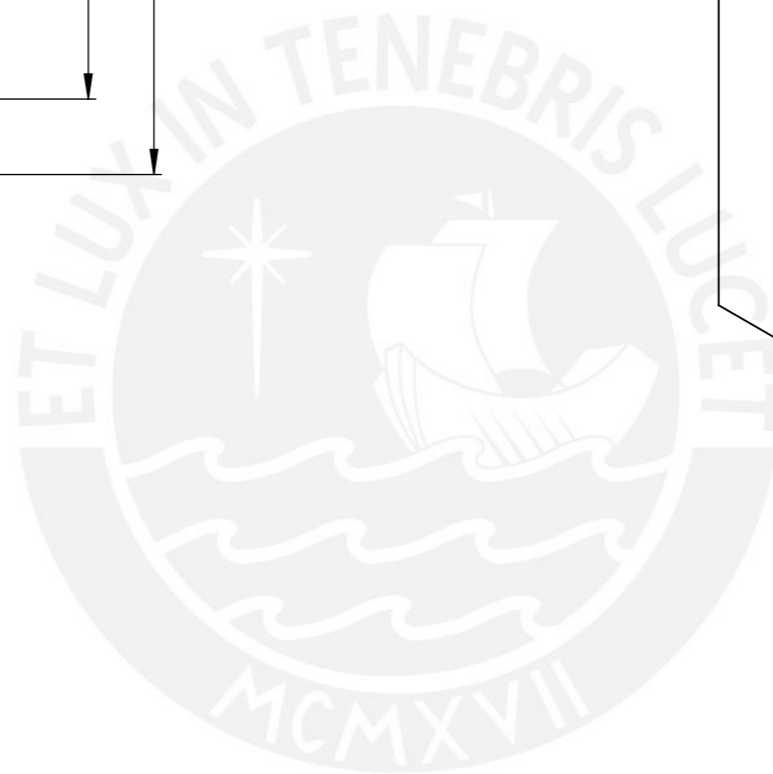
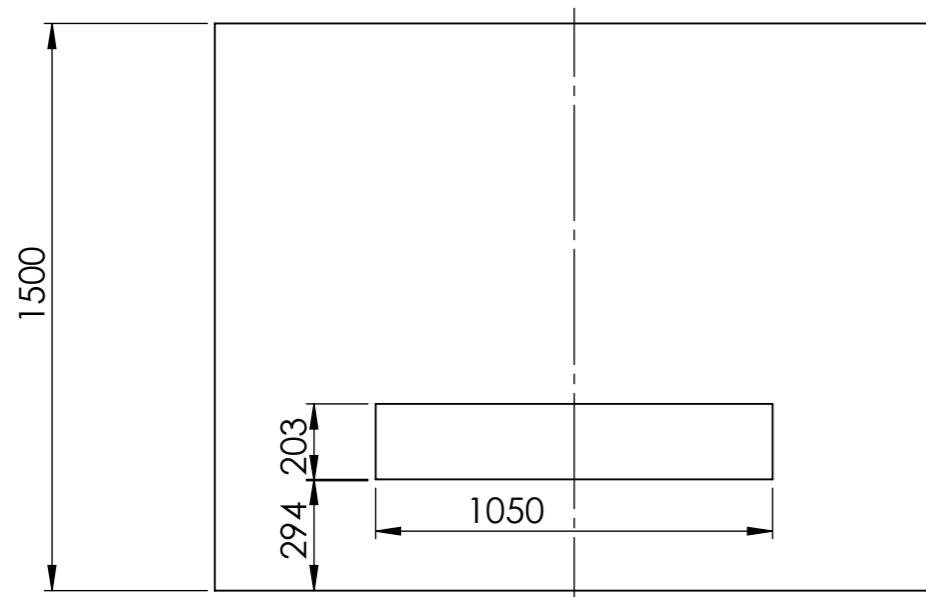
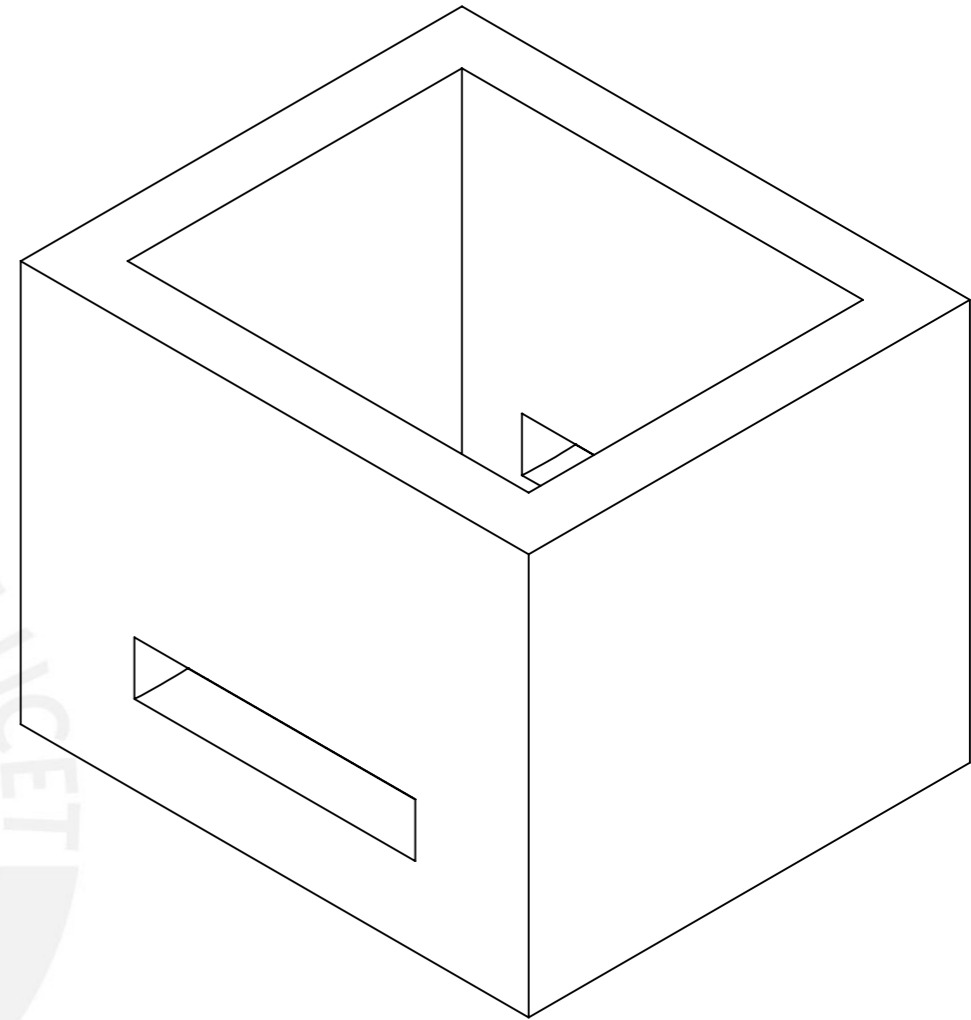
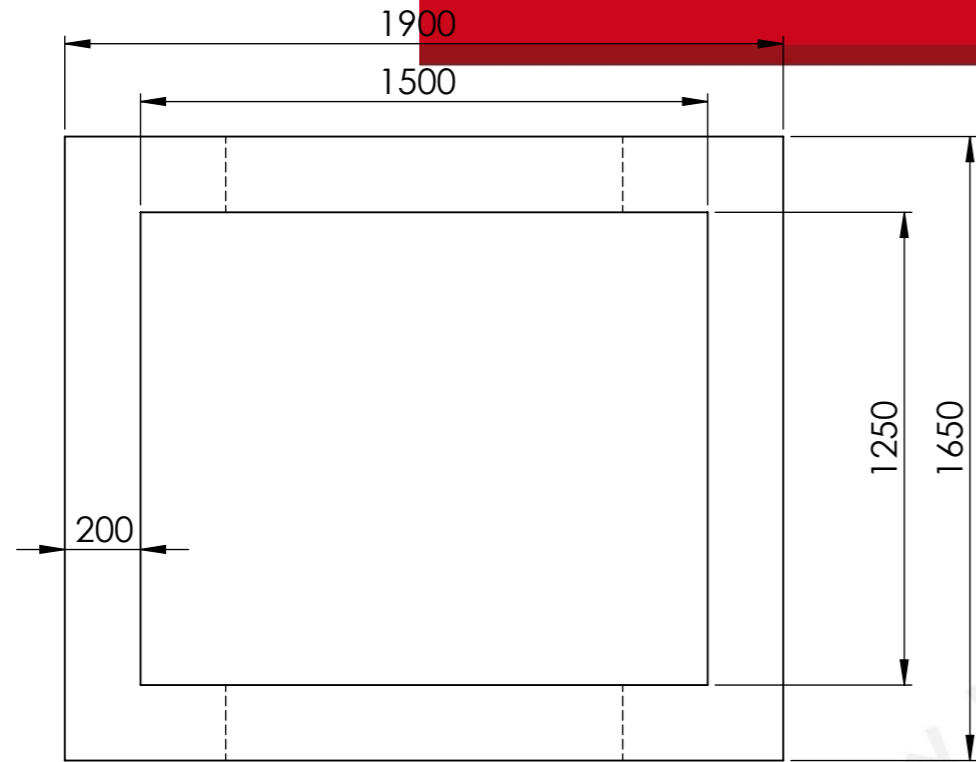
SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 50



SECCIÓN H
ESCALA 1 : 50

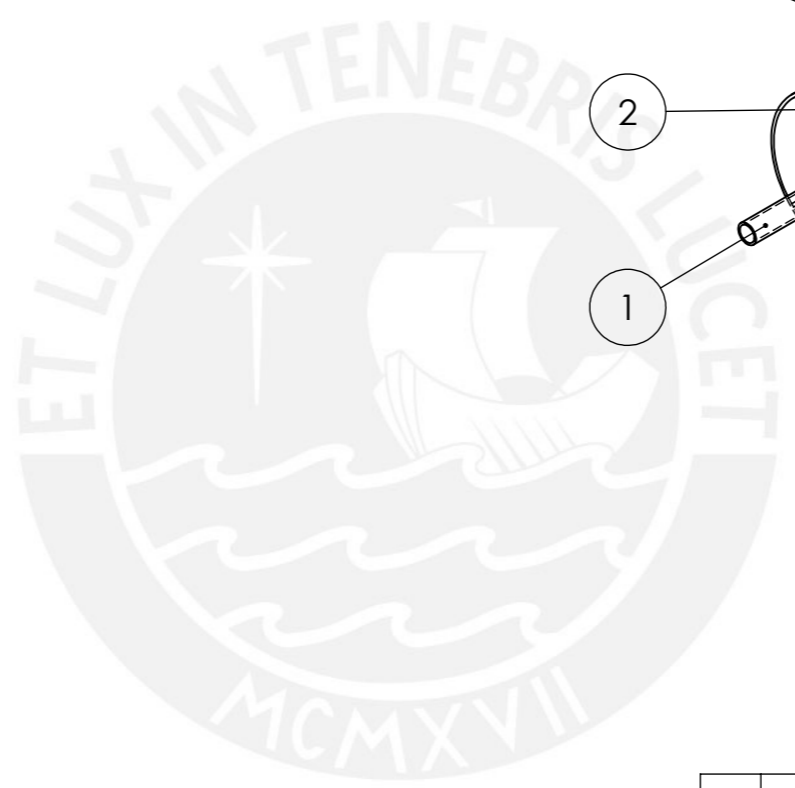
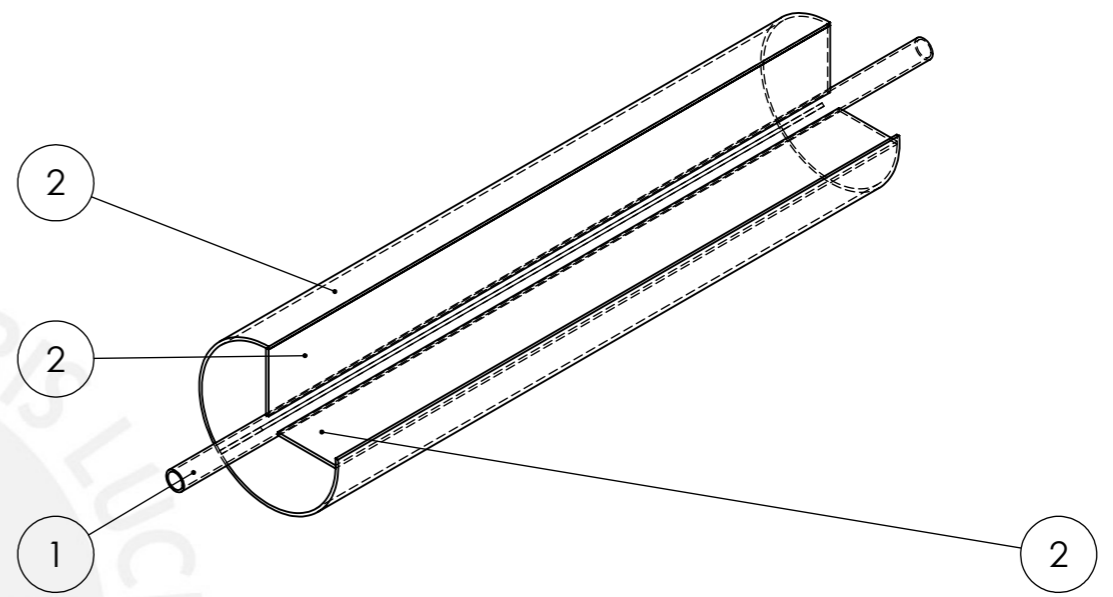
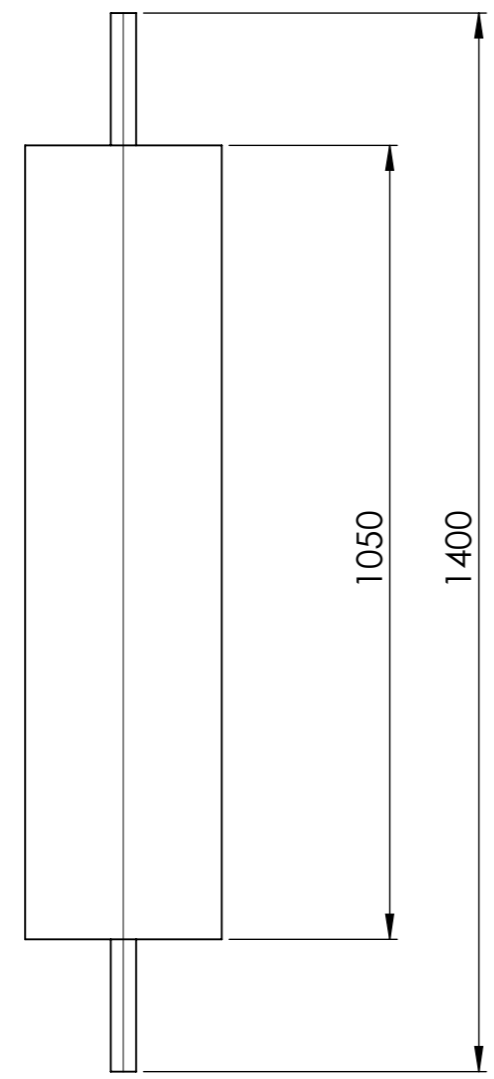
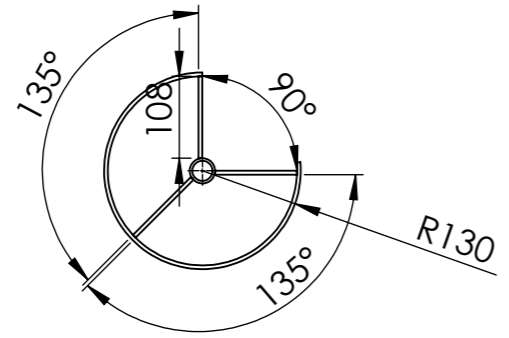
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRUPO EXACTITUD	DESDE HASTA	DESDE HASTA	DESDE HASTA	DESDE HASTA	DESDE HASTA
MECA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

ACABADO SUPERFICIAL ✓	TOLERANCIA GENERAL MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL Ladrillo
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-I DESPIECE HORNO VERTICAL	ESCALA 1:50
ELABORADO POR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISADO POR:	REVISOR RI
APROBADO POR:		FECHA 19/06/2014
		PLANO PL1-A0



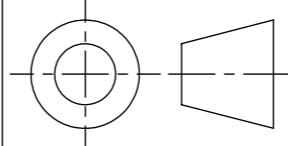
ACABADO SUPERFICIAL 	TOLERANCIA MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL LADRILLO
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCION 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1 DESPIECE PARED REFRACTARIA	ESCALA 1:20
ELABORADO POR CARLOS JAVIER LAZARO MEZA		REVISIÓN R1
REVISADO POR		FECHA 19/06/2010
APROBADO POR		PLANO PL2 - A3

TOLERANCIA DIMENSIONAL SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



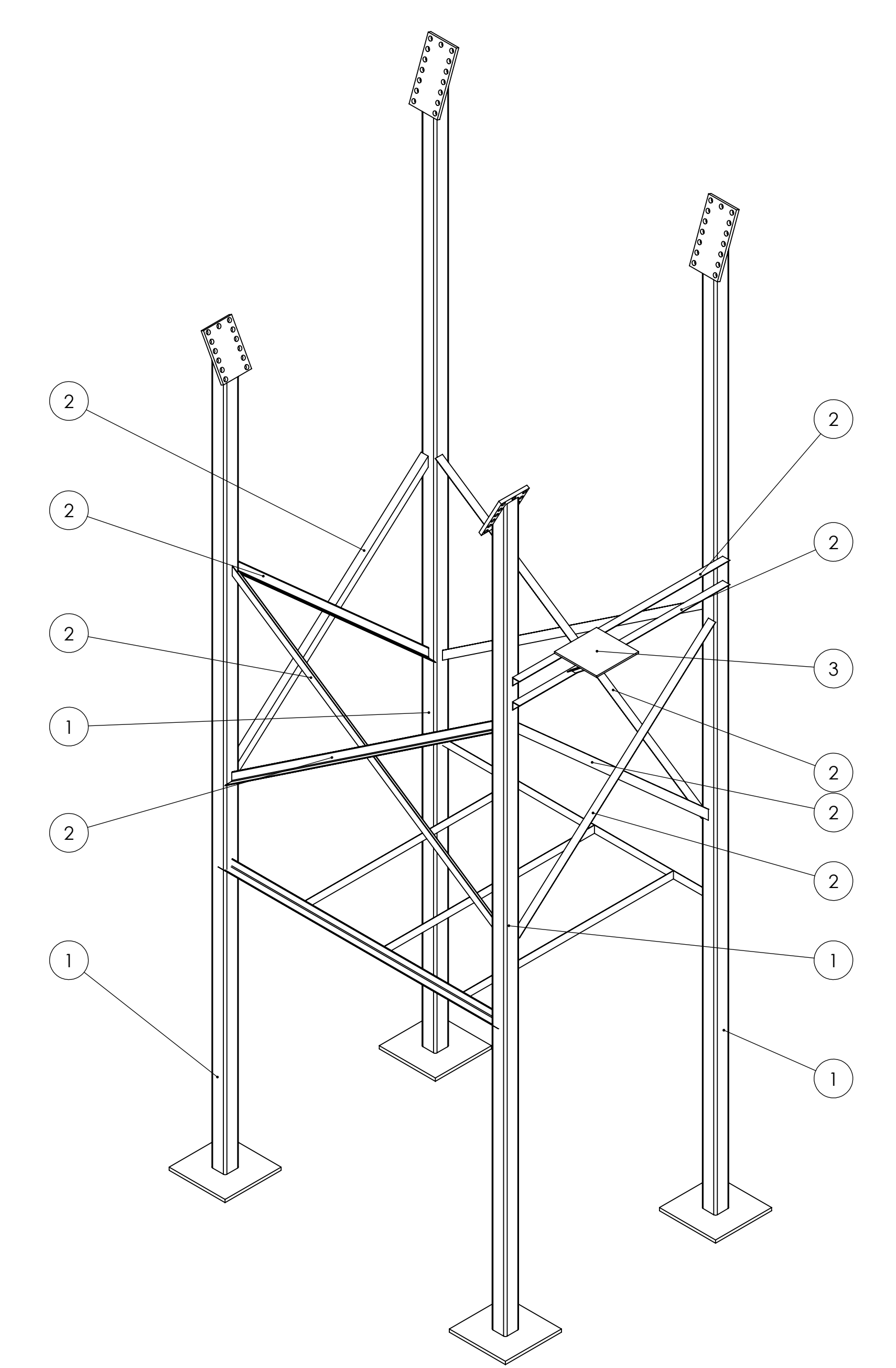
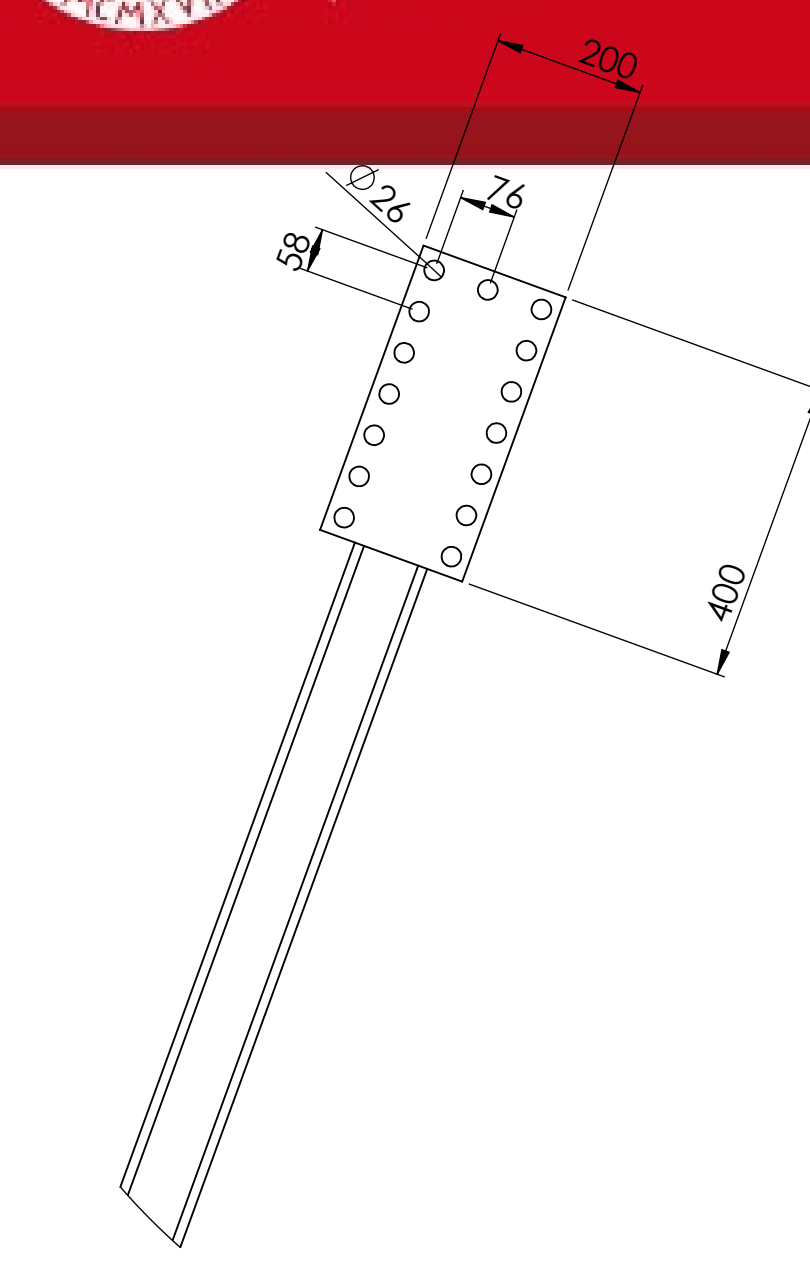
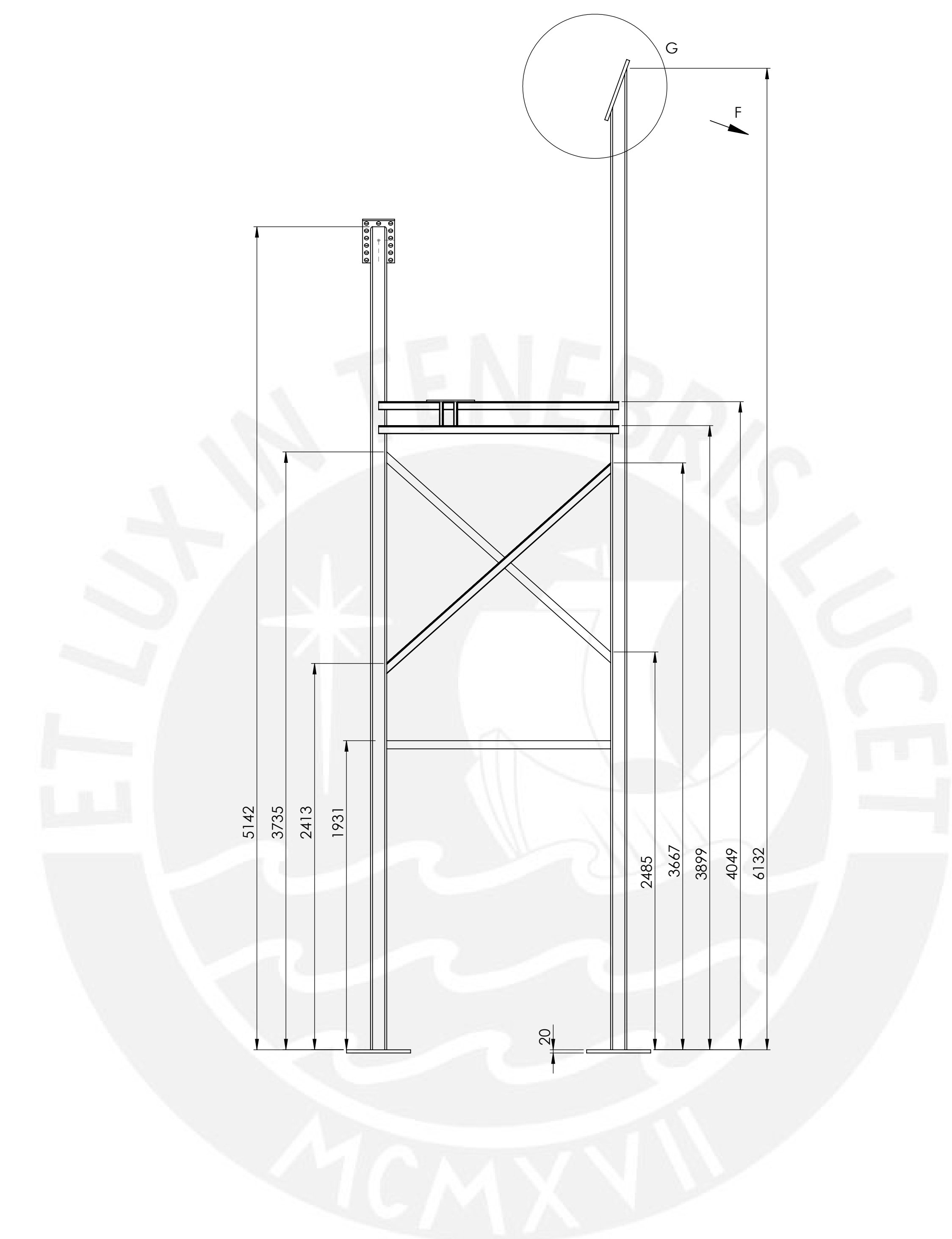
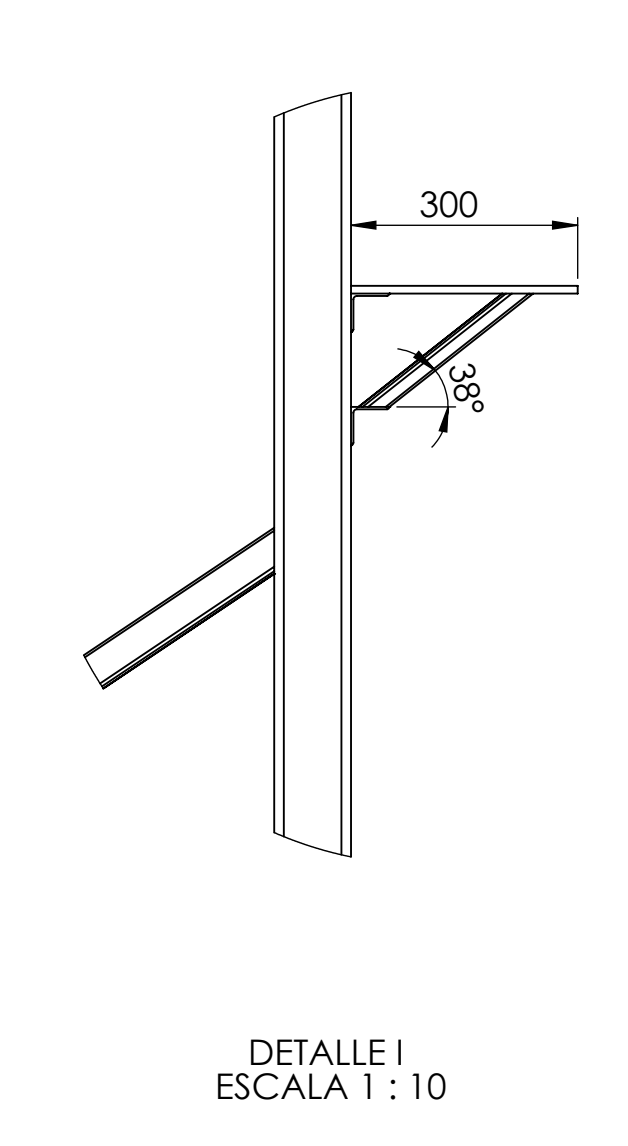
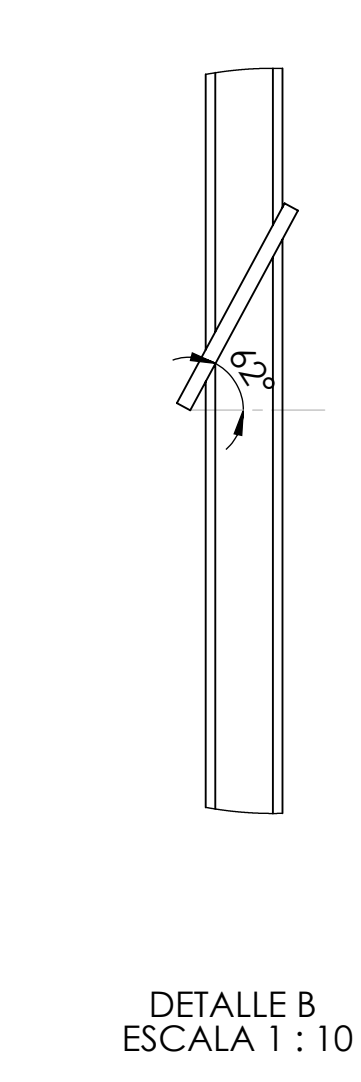
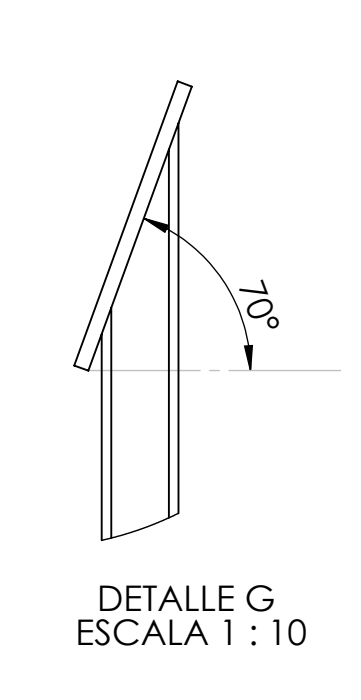
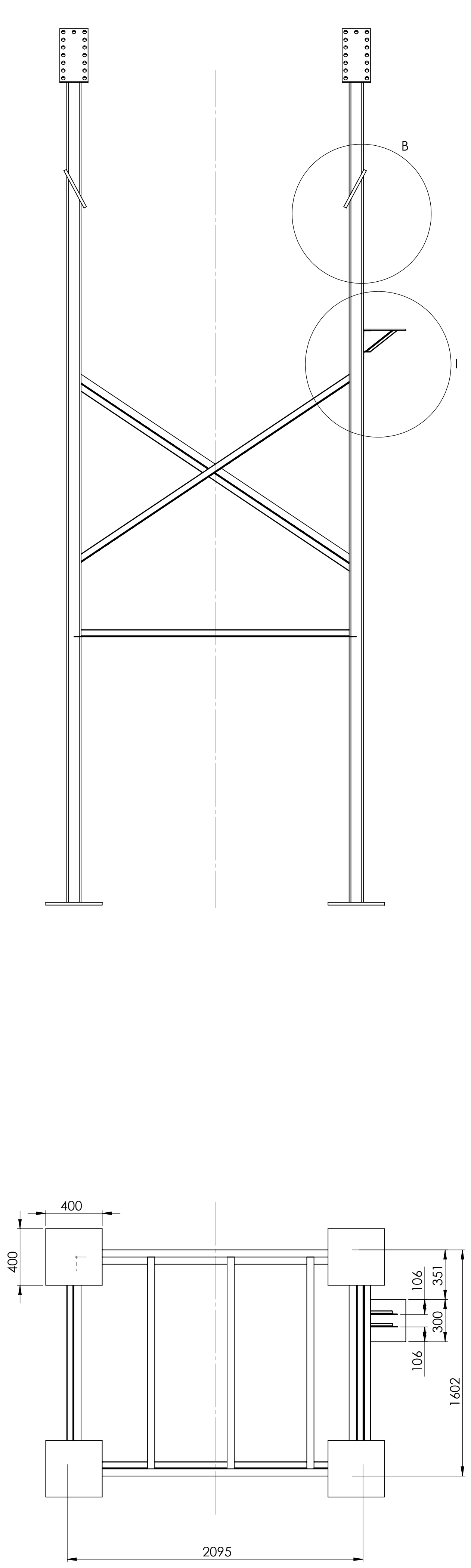
2	1	Plancha de acero espesor 2mm		AISI 1020	
1	1	Tubo de acero 1"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA

METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1	ESCALA
	PIEZA SOLDADA DISPENSADOR DE MADERA	1:10

ELABORADO POR:	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN	R1
REVISADO POR:		FECHA	19/06/2014
APROBADO POR:		PLANO	PL3 - A3

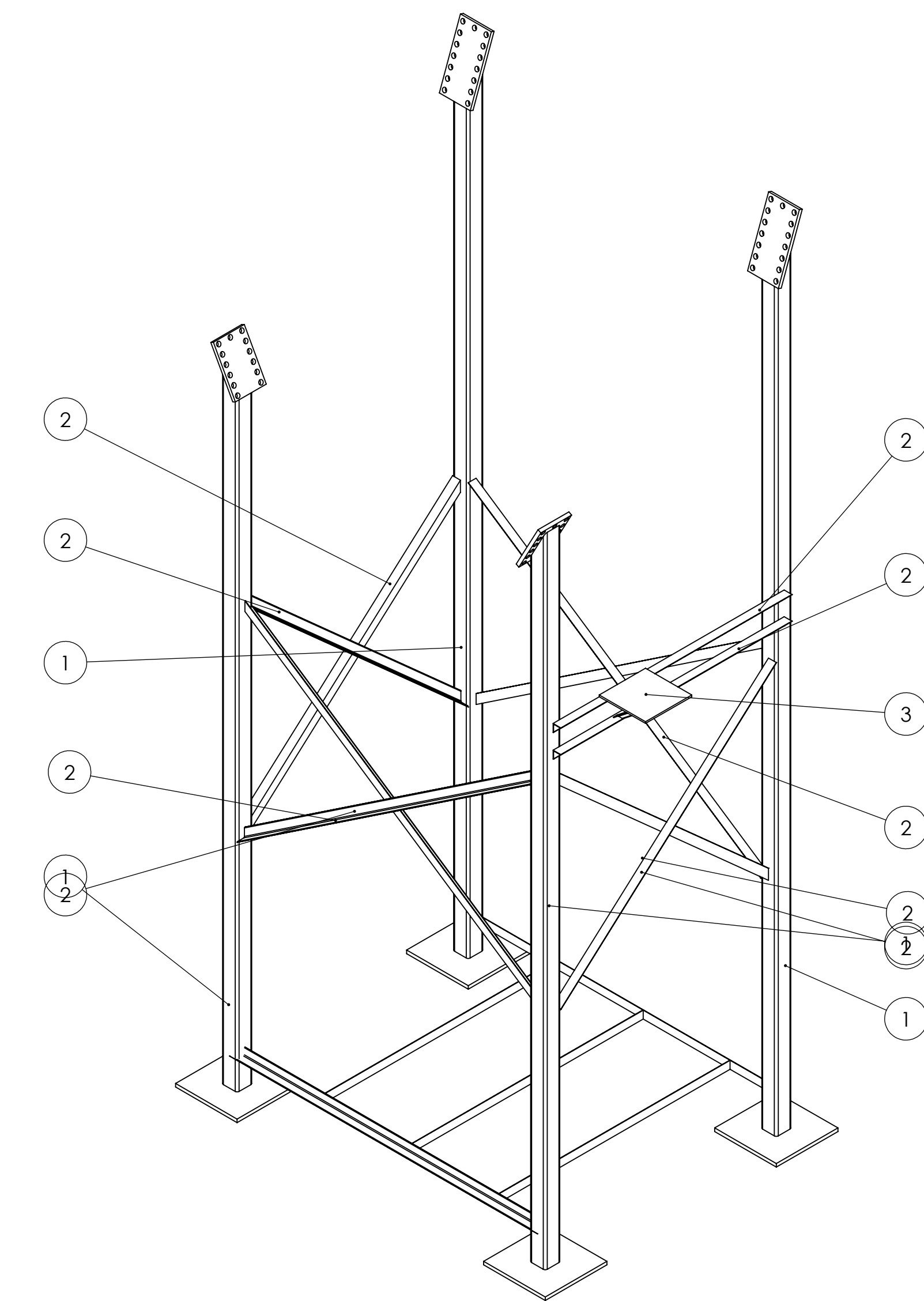
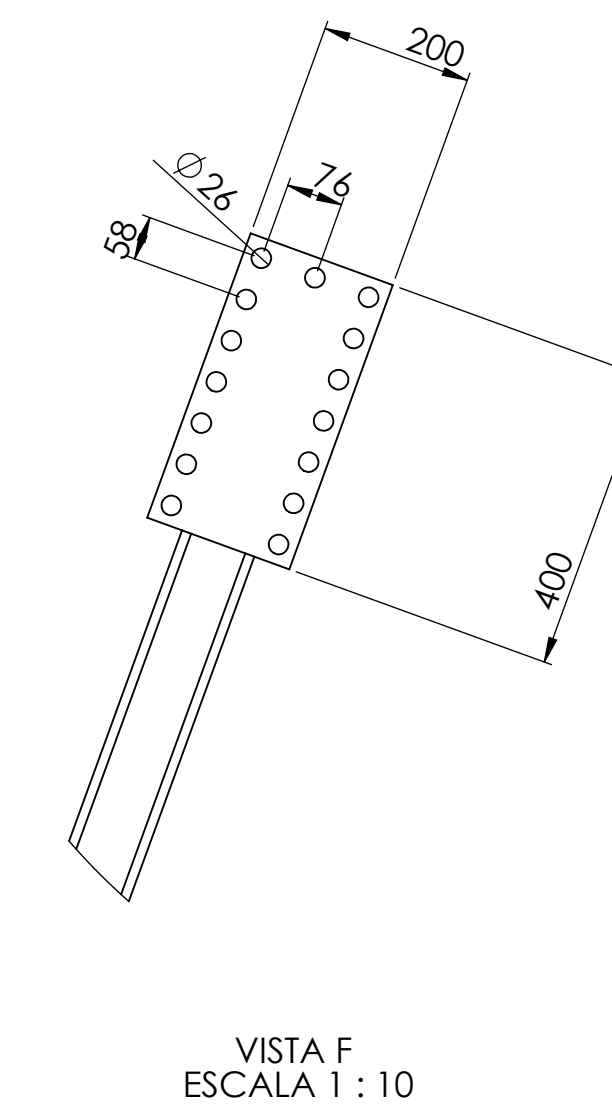
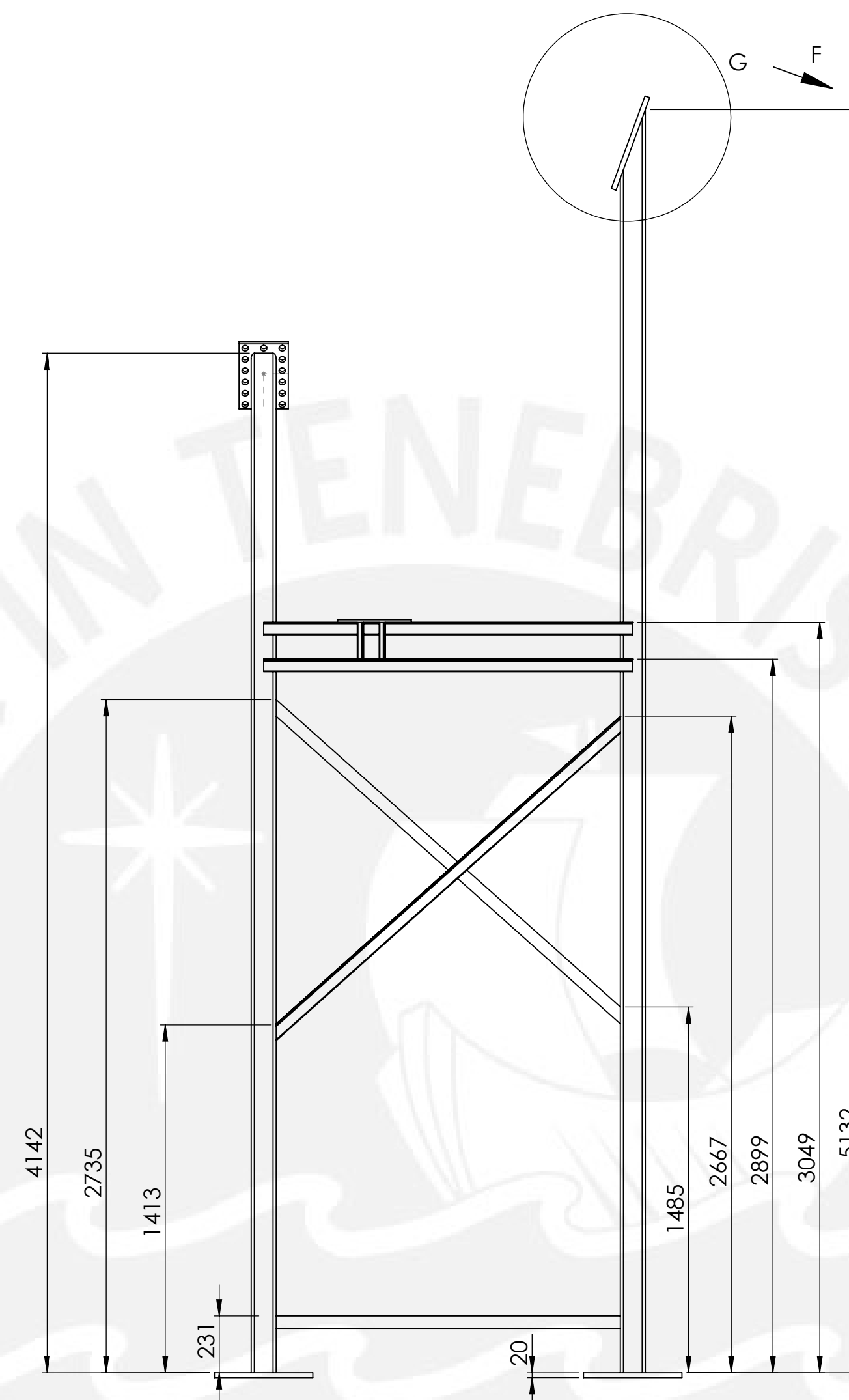
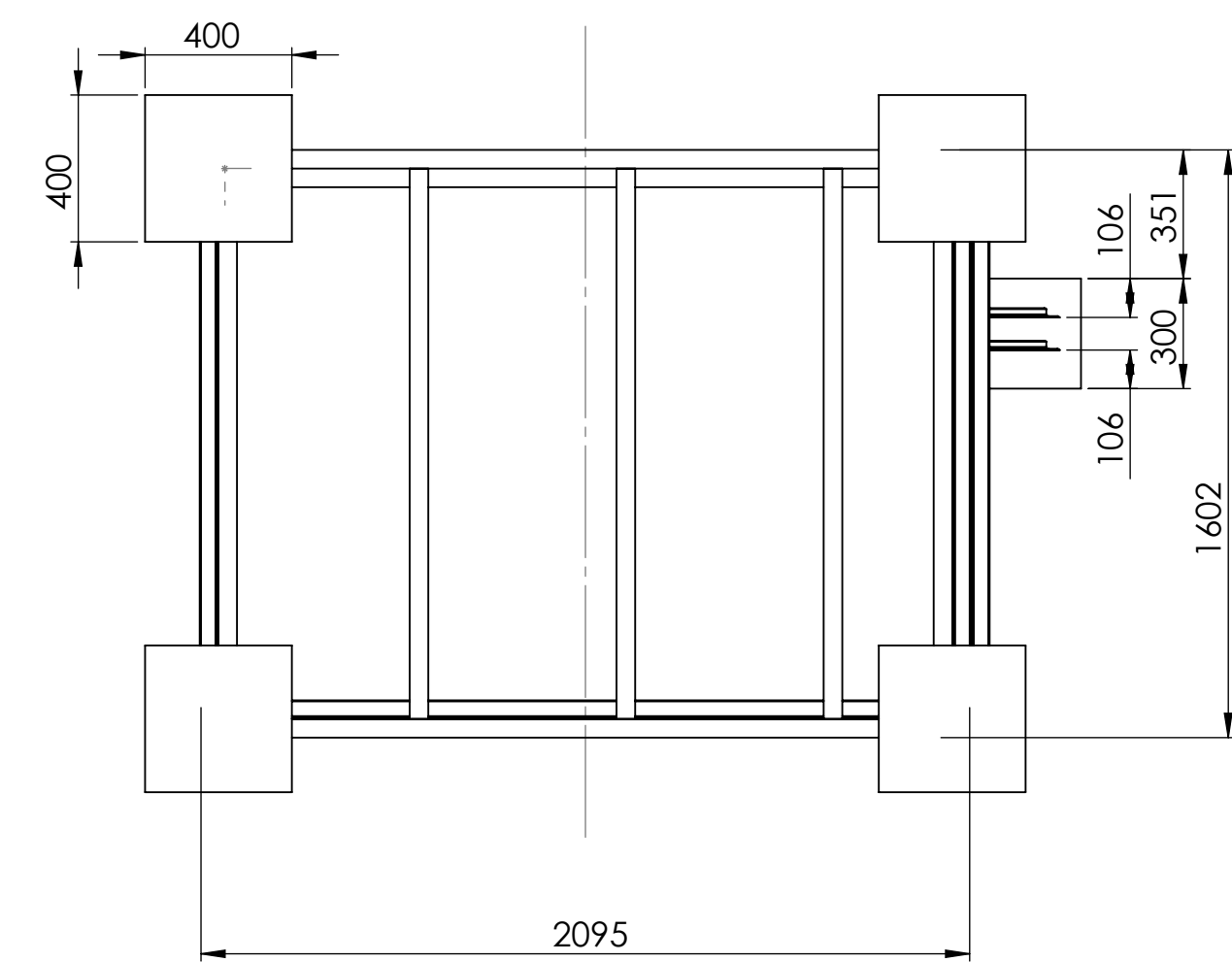
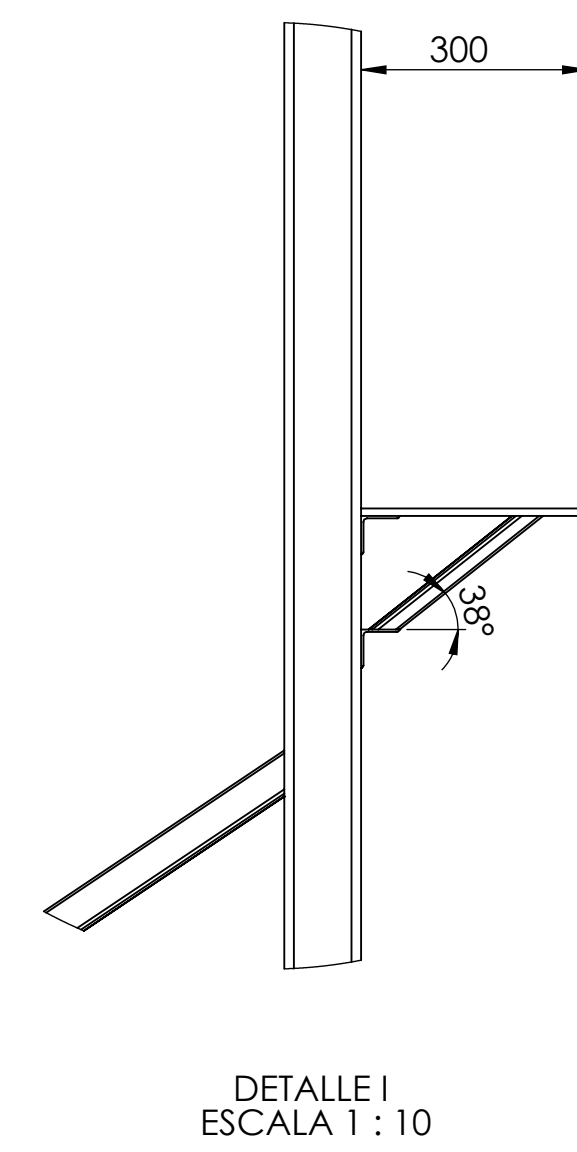
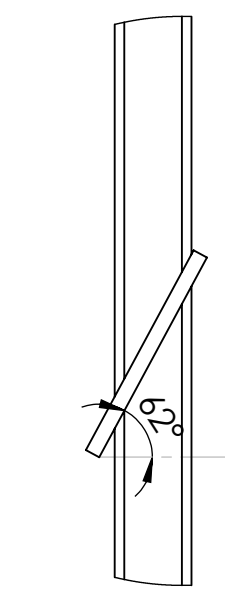
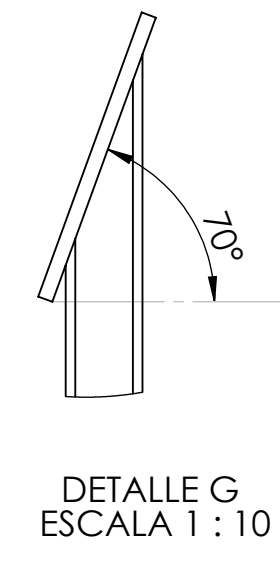
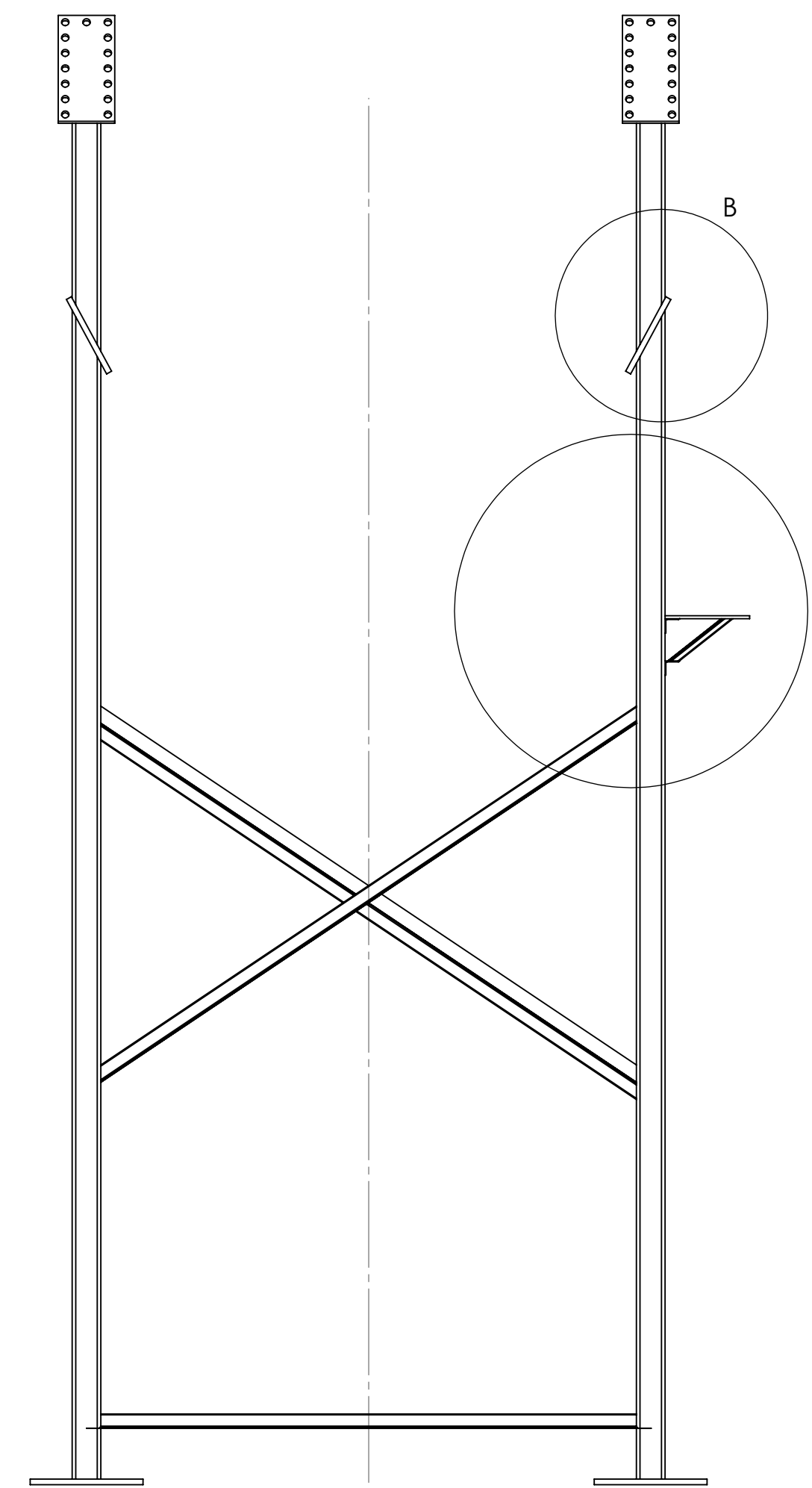
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168

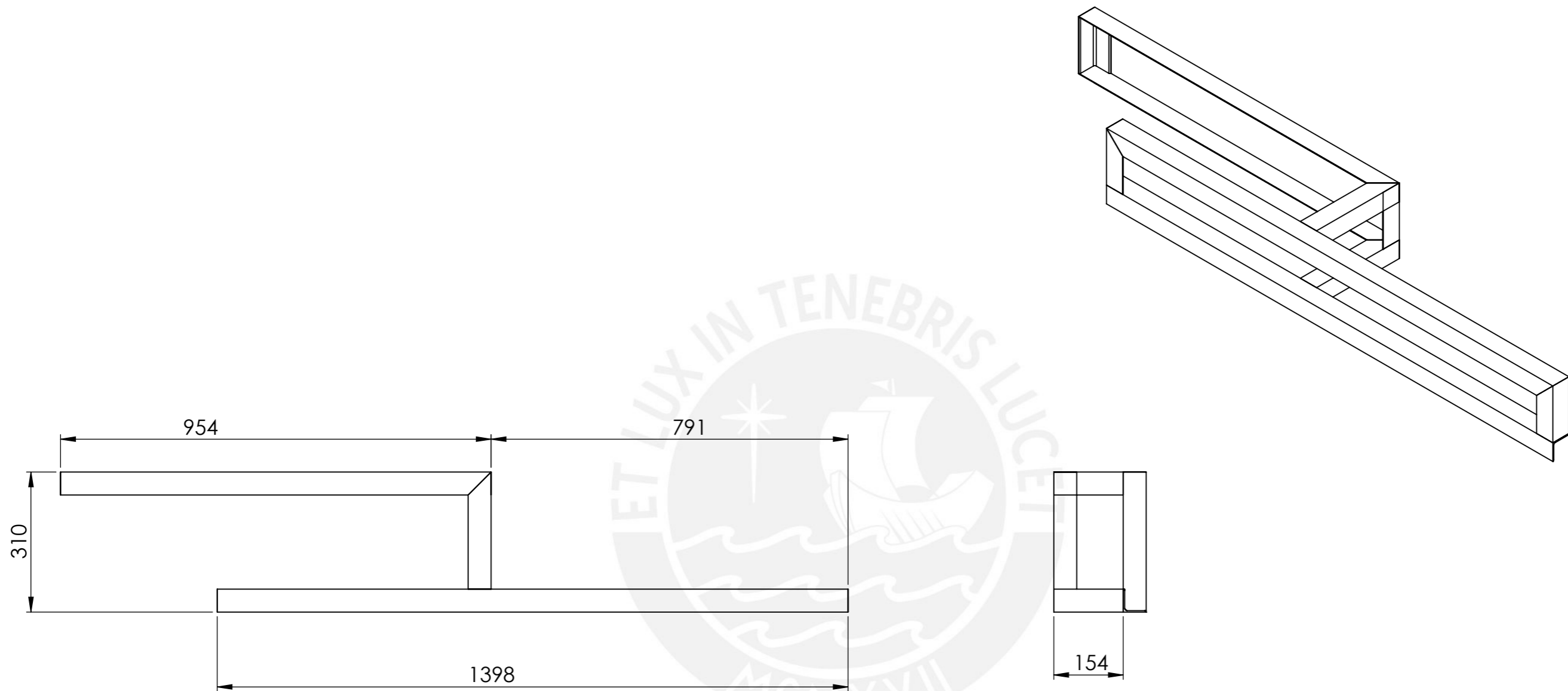
GRUPO DE ACABADO	DESDE 0	DESDE 0.1	DESDE 0.2	DESDE 0.3	DESDE 0.5
PRECISIÓN	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

3	1	Plancha de acero 30x30x6mm		AS 1020	
2	17	Acero estructural perfil angular 20x10 135°			
1	4	Acero estructural cuadrado 44x25°			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN:		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
		ESTRUCTURA SOLDADA SOPORTE ALMACÉN LARGO		1:20	
ELABORADO POR:		CARLOS JAVIER LAZARO MEZA		REVISIÓN: R1	
REVISADO POR:				FECHA: 19/06/2014	
APROBADO POR:				PLANO: PL4-A0	



TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRUPO DE ACABADO	DESDE 0	DESDE 0.1	DESDE 0.2	DESDE 0.3	DESDE 0.5
MECA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

3	1	Plancha de acero 30x30x6mm		AS 1020	
2	17	Acero estructural perfil angular 20x10 135°			
1	4	Acero estructural cuadrado 44x25°			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN:		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
		ESTRUCTURA SOLDADA SOPORTE ALMACEN PEQUEÑO		1:20	
ELABORADO POR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA				REVISIÓN: R1	
REVISADO POR:				FECHA: 19/06/2014	
APROBADO POR:				PLANO: PLS-A0	



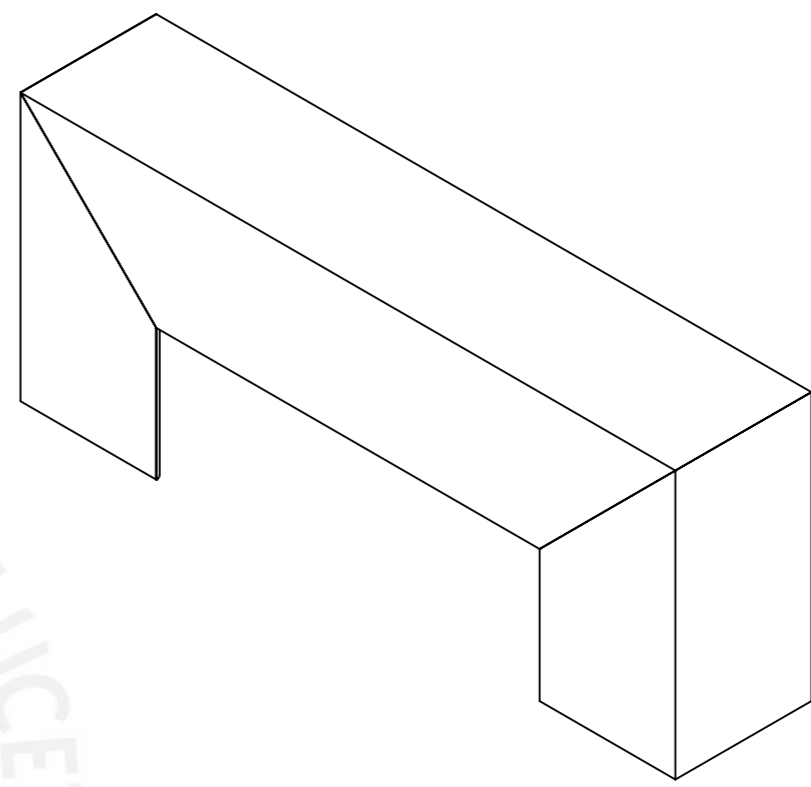
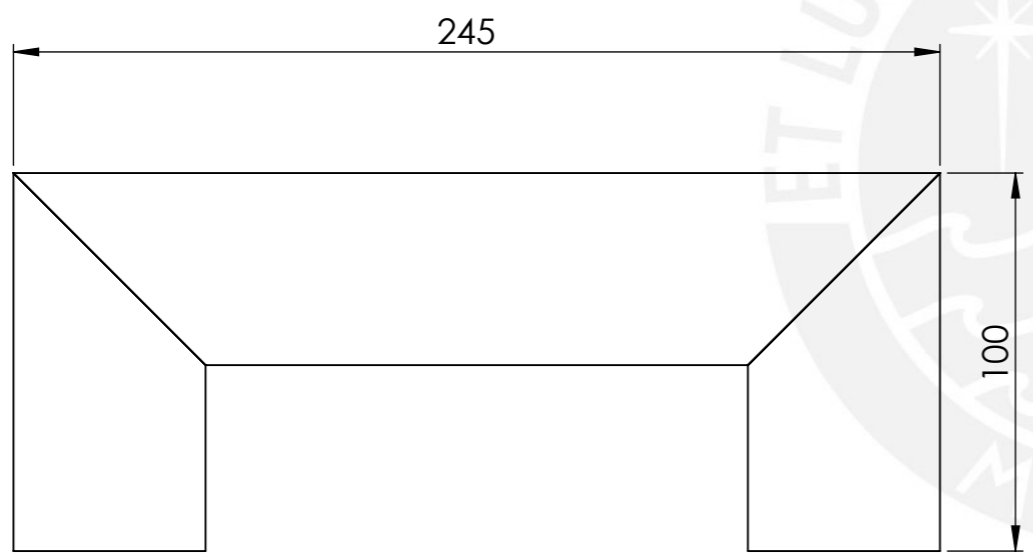
1	1	Perfil estructural 2x2x0.125"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA

METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1	ESCALA
	PIEZA SOLDADA SOPORTE FAJAS 1	1:10

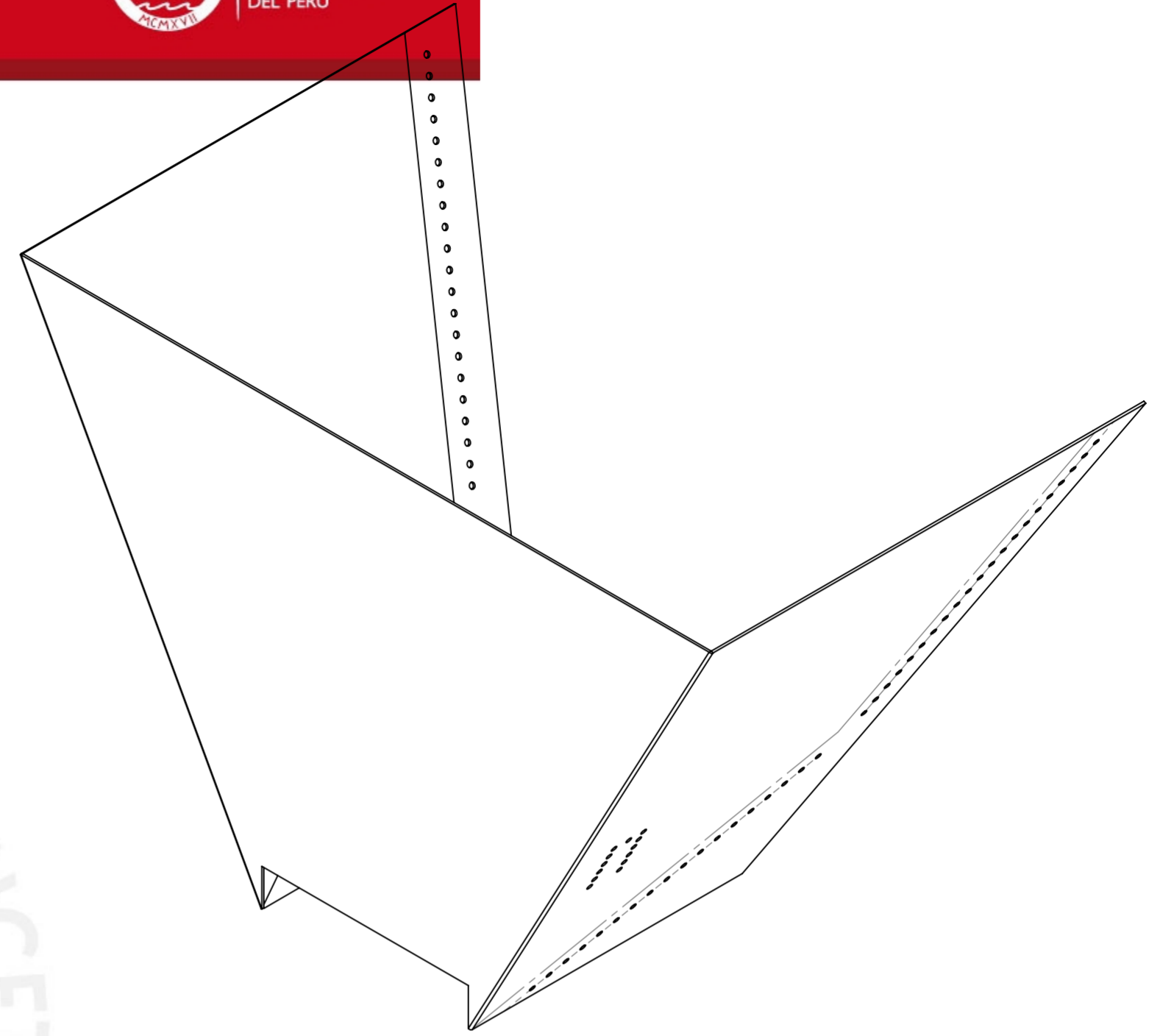
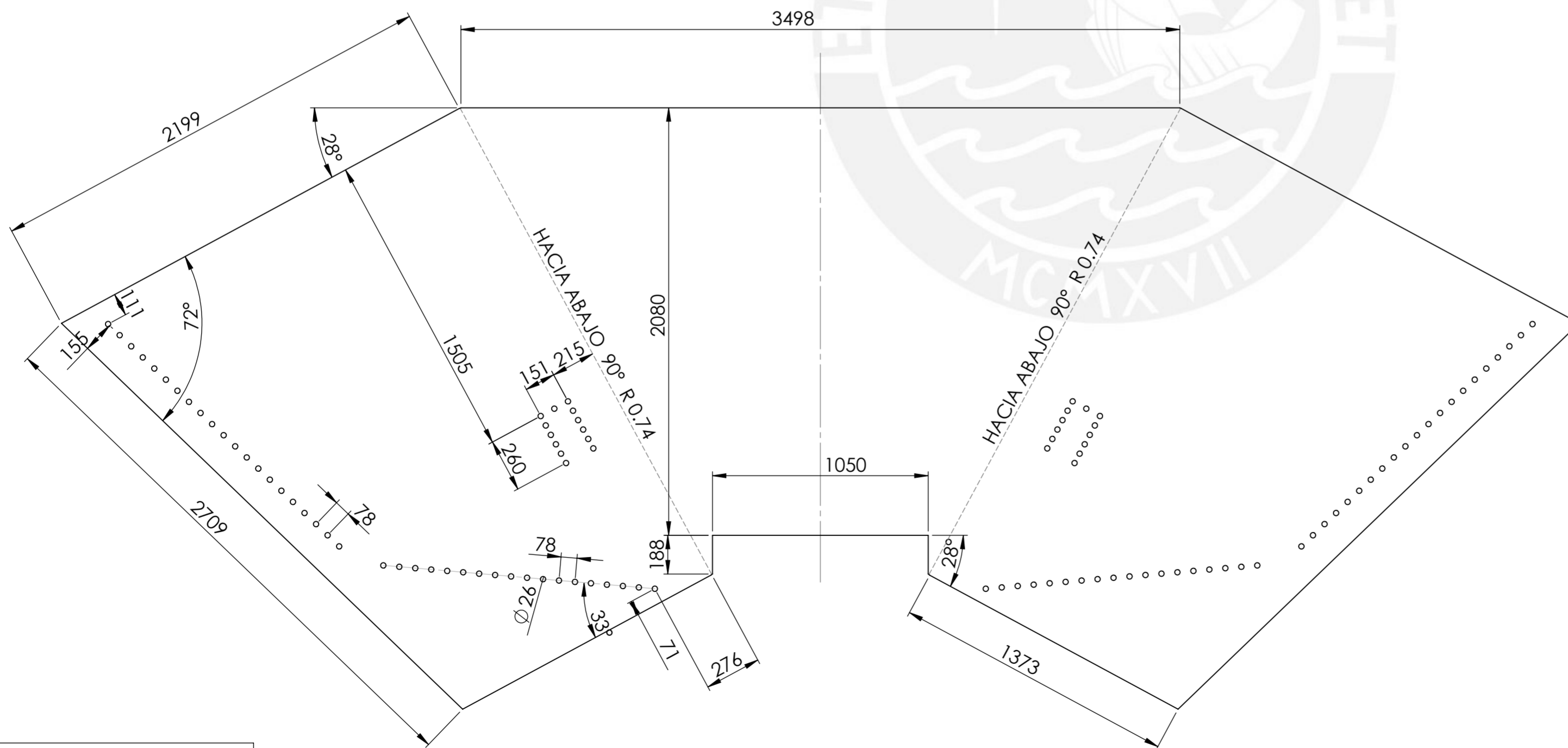
ELABORADO POR:	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN	R1
REVISADO POR:		FECHA	19/06/2014
APROBADO POR:		PLANO	PL5 - A3

GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

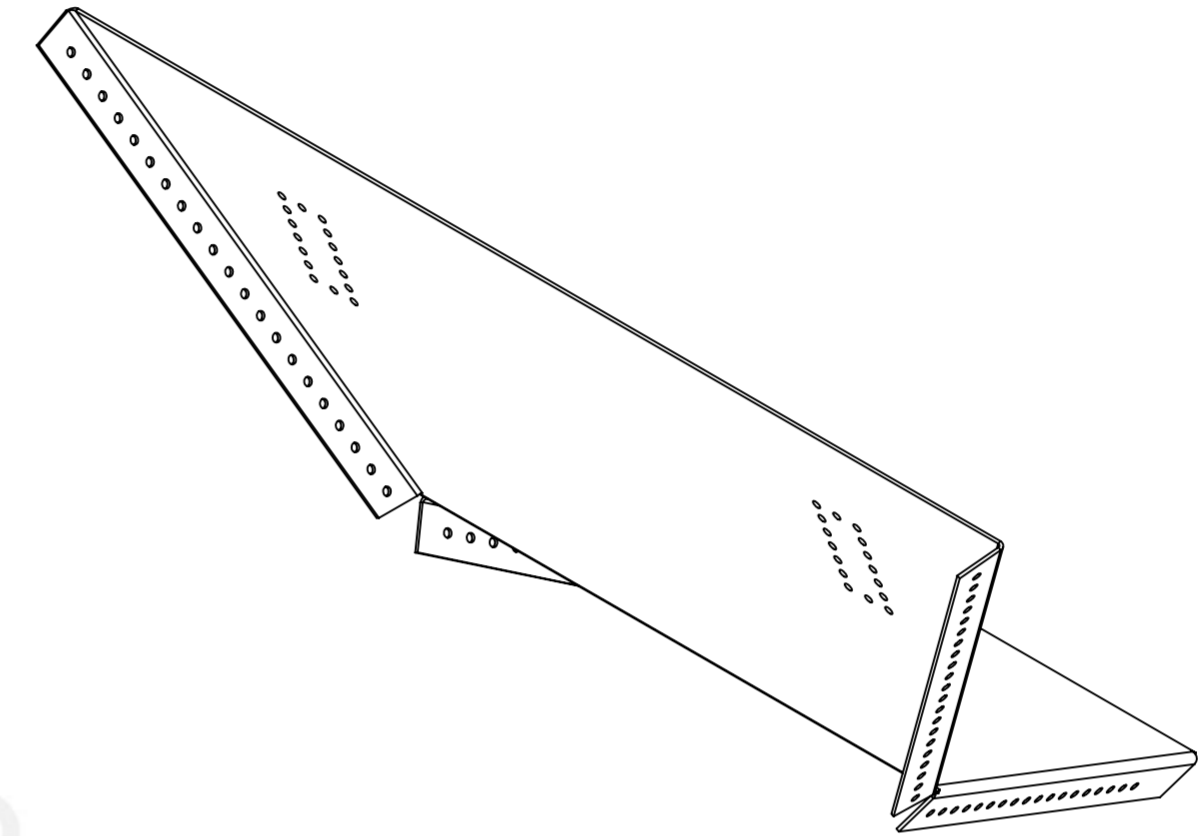
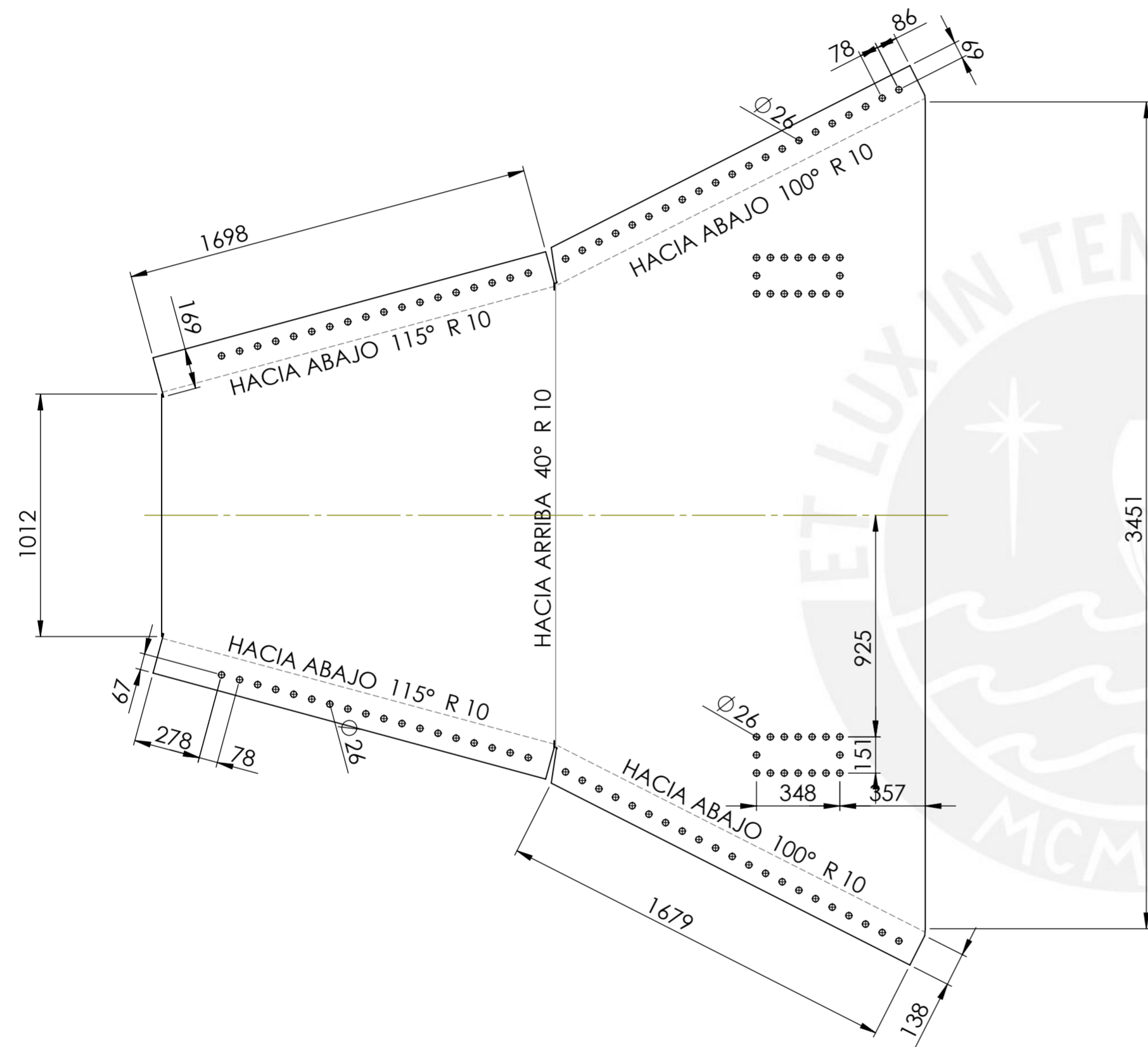
1	1	Perfil estructural de acero 2x2x0.125"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA					
METODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
		PIEZA SOLDADA SOPORTE TRANSMISION 2		1.2	
ELABORADO POR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA				REVISIÓN R1	
REVISADO POR:				FECHA 19/06/2014	
APROBADO POR:				PLANO PL6 - A3	




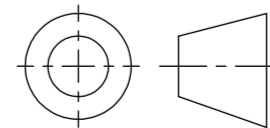
TOLERANCIA DIMENSIONAL SEGUN DIN 7168

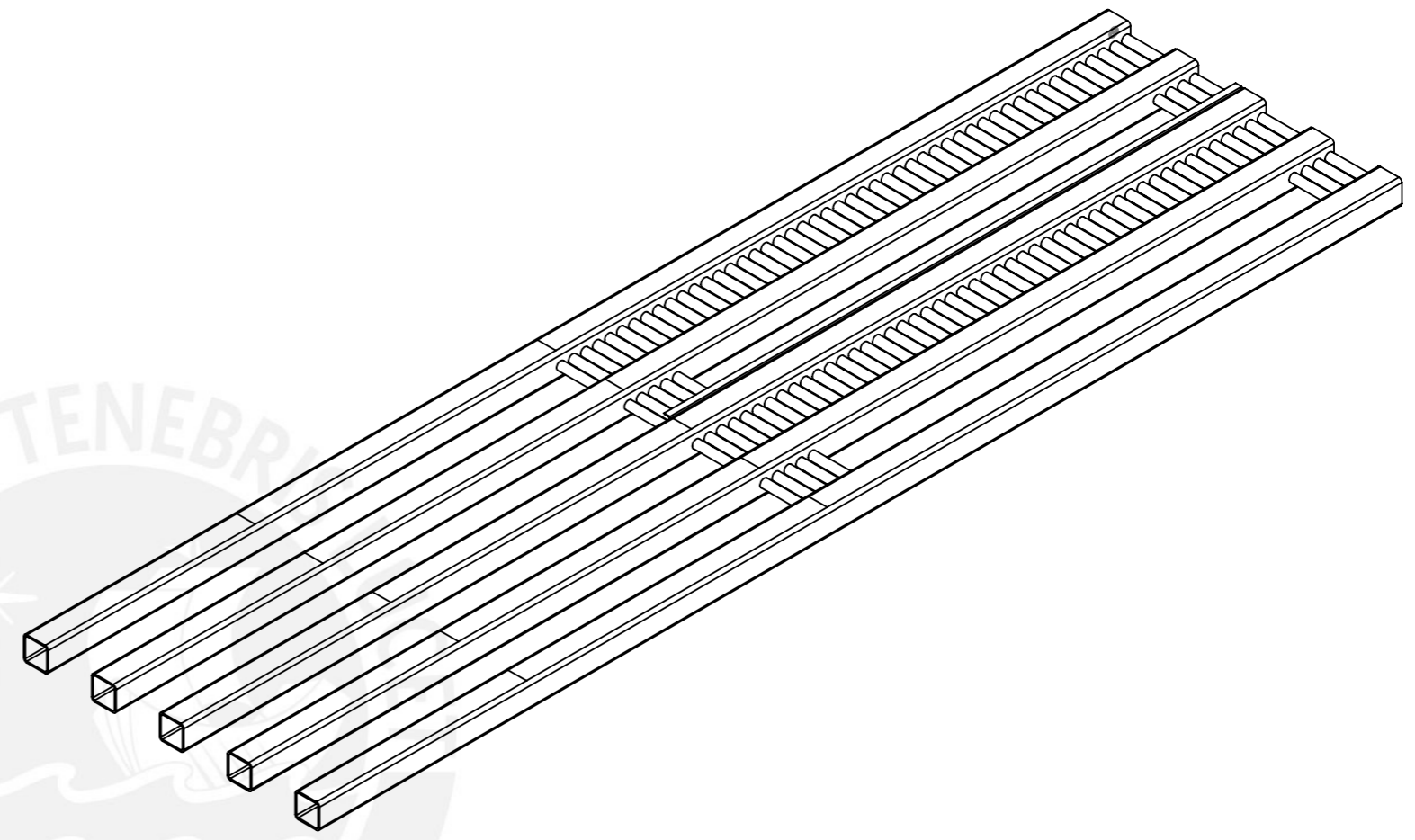
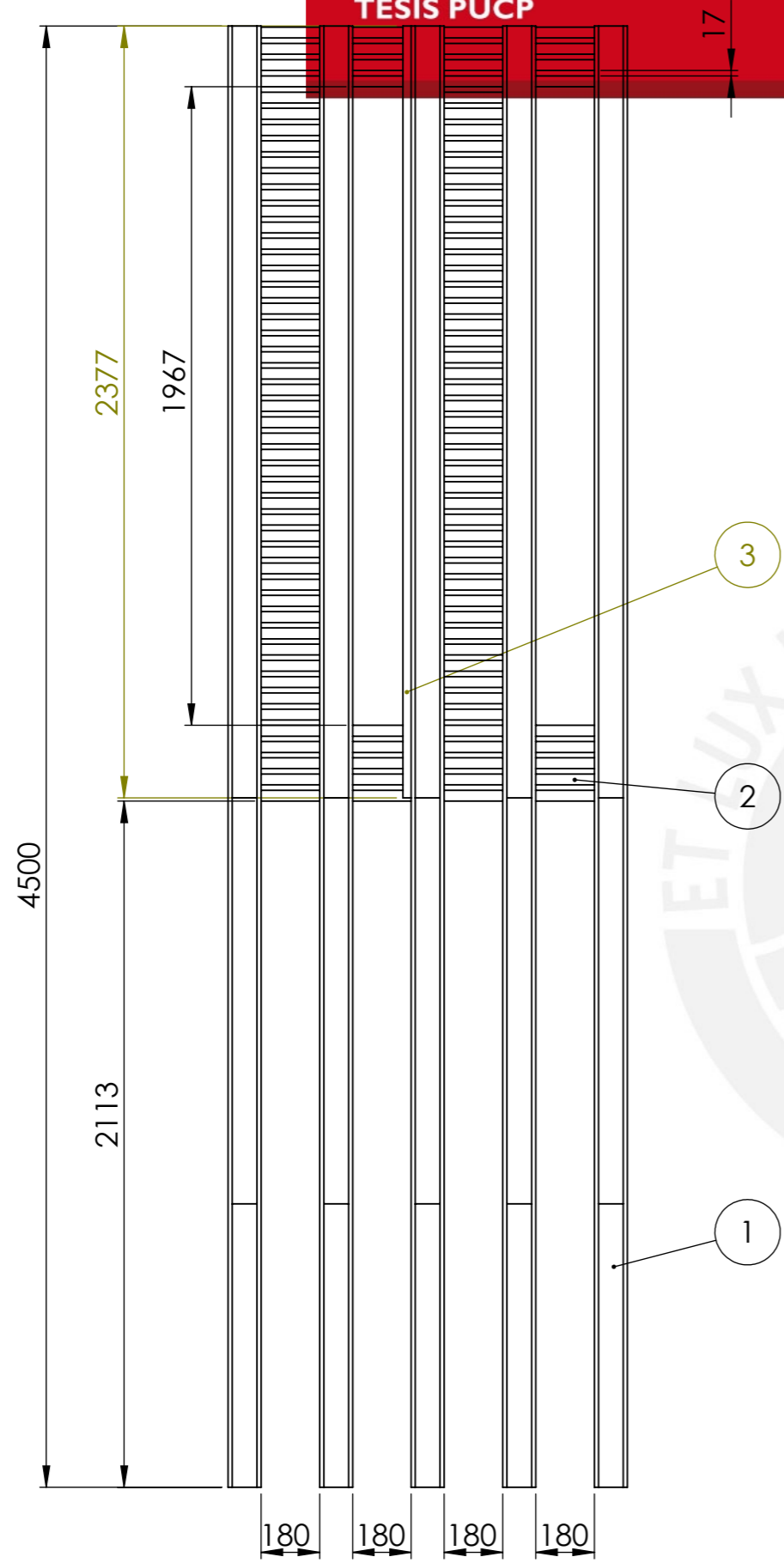
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

ACABADO SUPERFICIAL √	TOLERANCIA MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL AISI 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCION ⊕ ⊞	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1 DESPIECE CARA 1 - ALMACEN MADERA	ESCALA 1:20
ELABORADO POR CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1	FECHA 19/06/2014
REVISADO POR	APROBADO POR	PLANO PI8 - A2



TOLERANCIA DIMENSIONAL SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

ACABADO SUPERFICIAL 	TOLERANCIA MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL AISI 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA		
METODO DE PROYECCION 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1 DESPIECE CARA 2 - ALMACEN MADERA	ESCALA 1:20
ELABORADO POR CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1	FECHA 19/06/2014
REVISADO POR	APROBADO POR	PLANO PL9 - A2

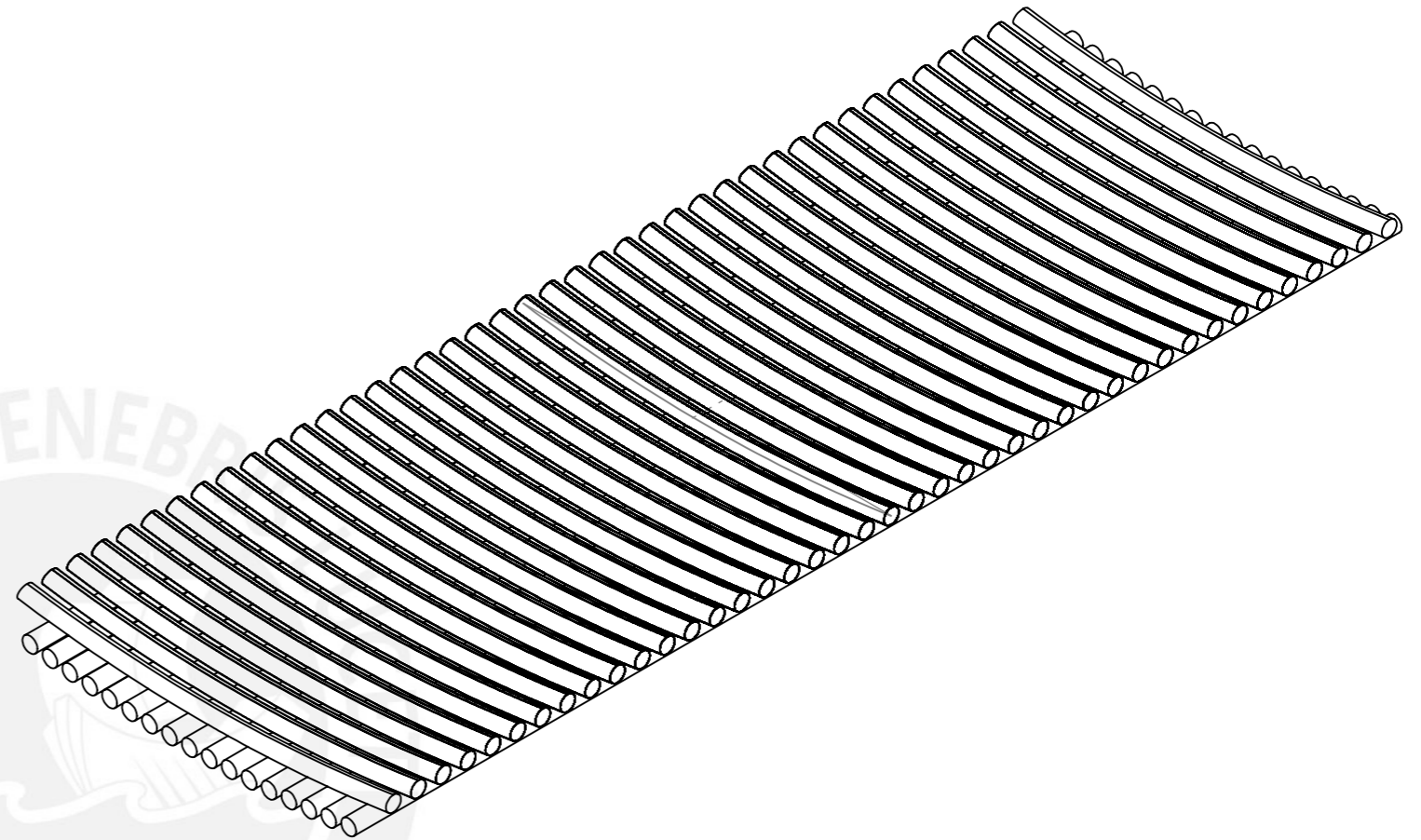
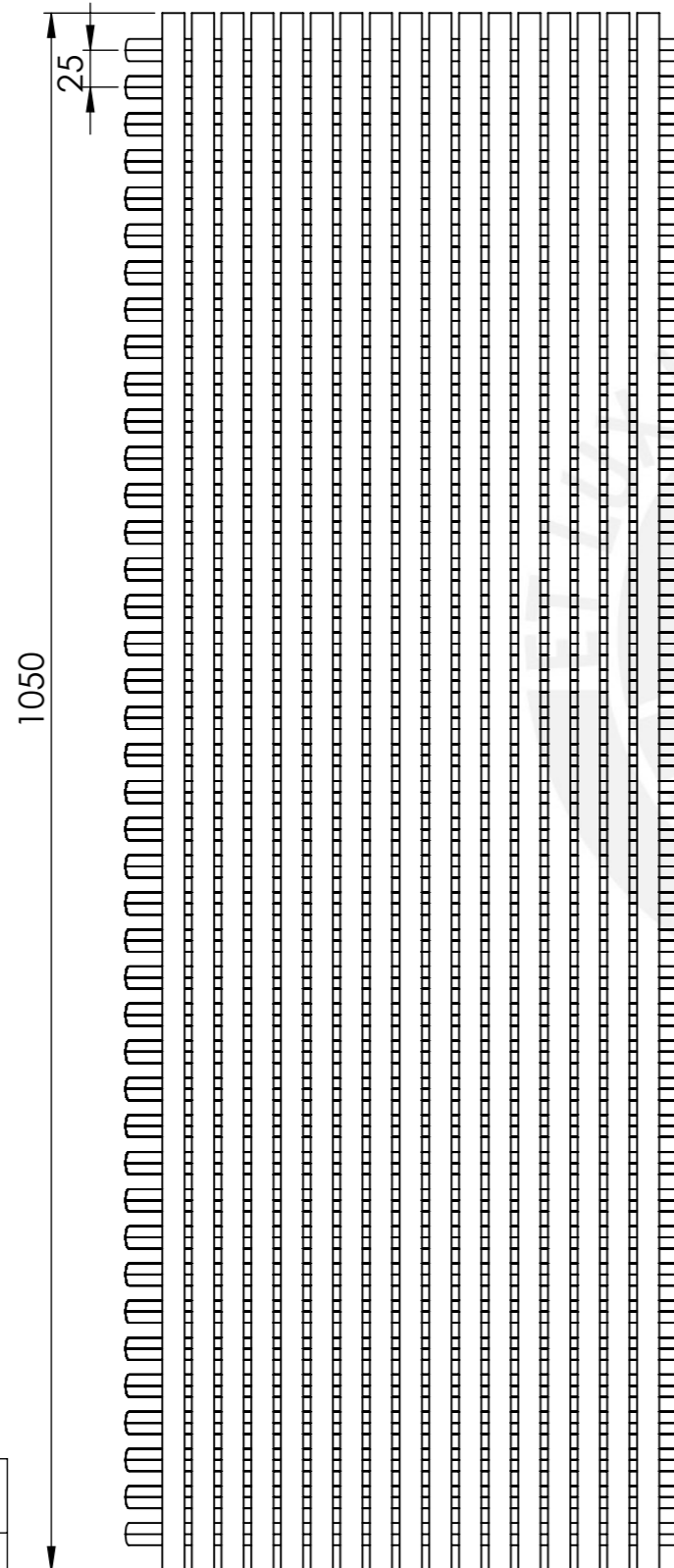
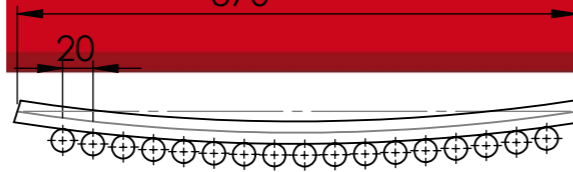


3	1	Acero estructural 1x1x0.125"			
2	118	Tubo de acero 1"			
1	5	Acero estructural 4x4x0.25"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA

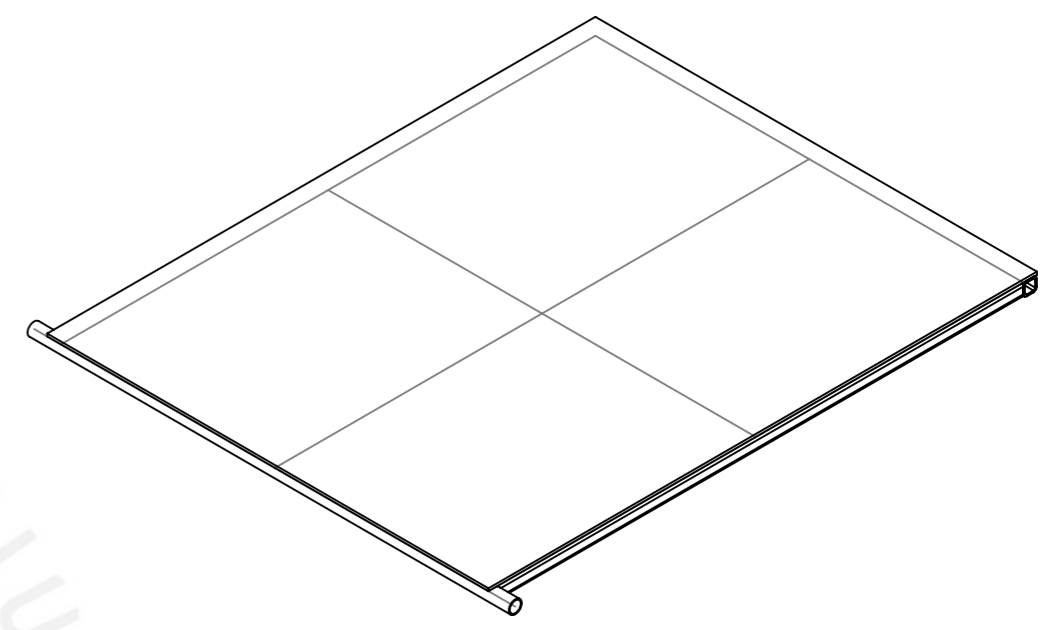
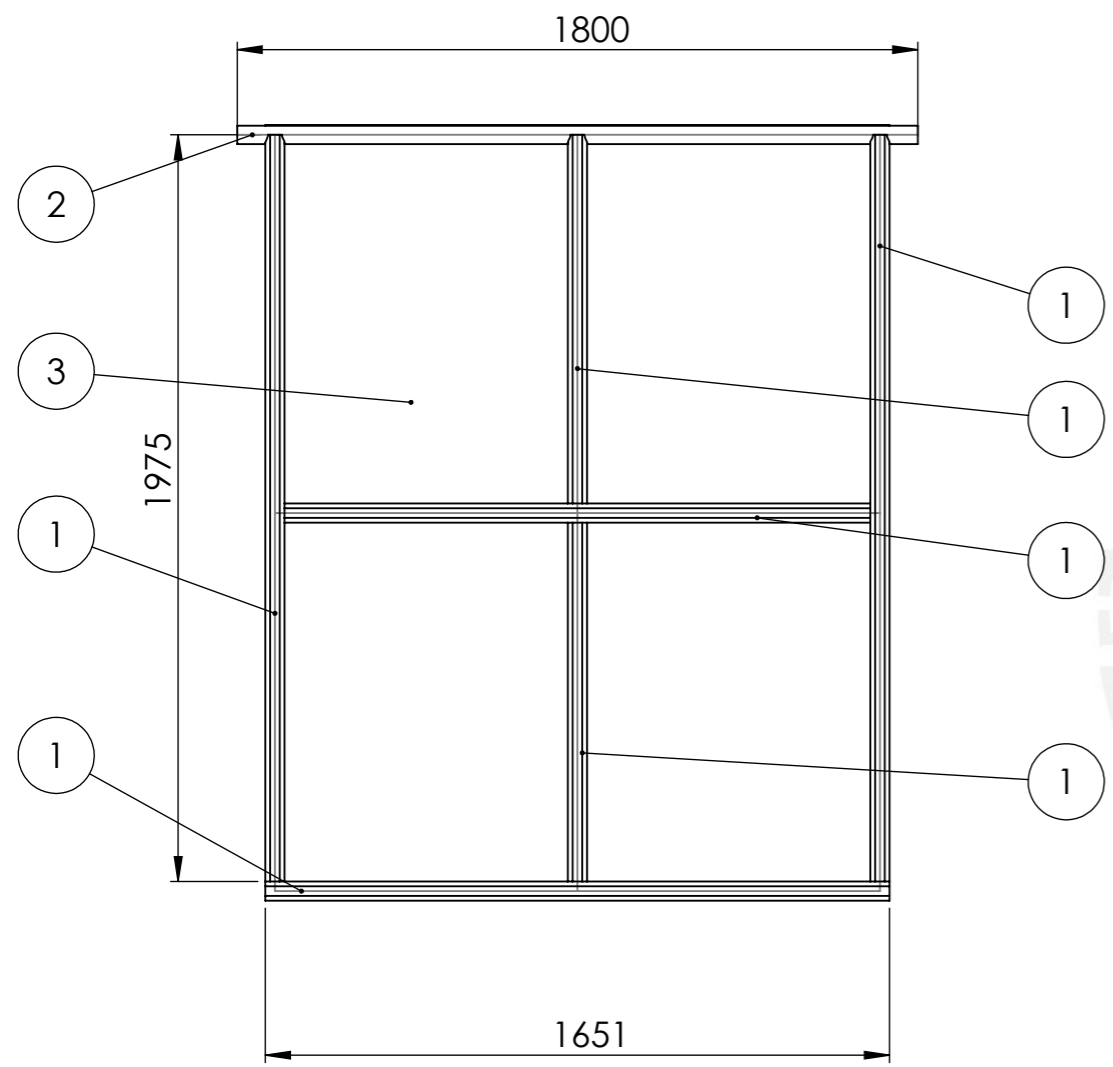
METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1	ESCALA
	PIEZA SOLDADA VIGAS	1:20
ELABORADO POR:	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1
REVISADO POR:		FECHA 19/07/2014
APROBADO POR:		PLANO PL10 - A3

GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



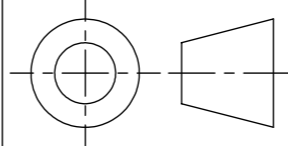
TOLERANCIA DIMENSIONAL SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

ACABADO SUPERFICIAL 	TOLERANCIA MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL Hierro
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA		
METODO DE PROYECCION 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1 DESPIECE REJILLA	ESCALA 1:5
ELABORADO POR	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1
REVISADO POR		FECHA 19/06/2014
APROBADO POR		PLANO PL10 - A3



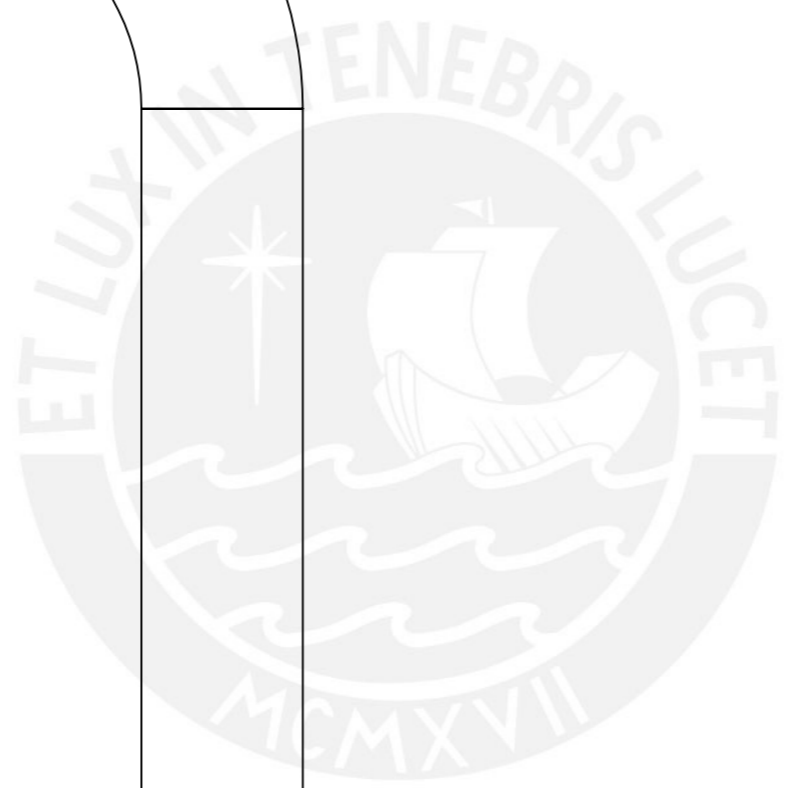
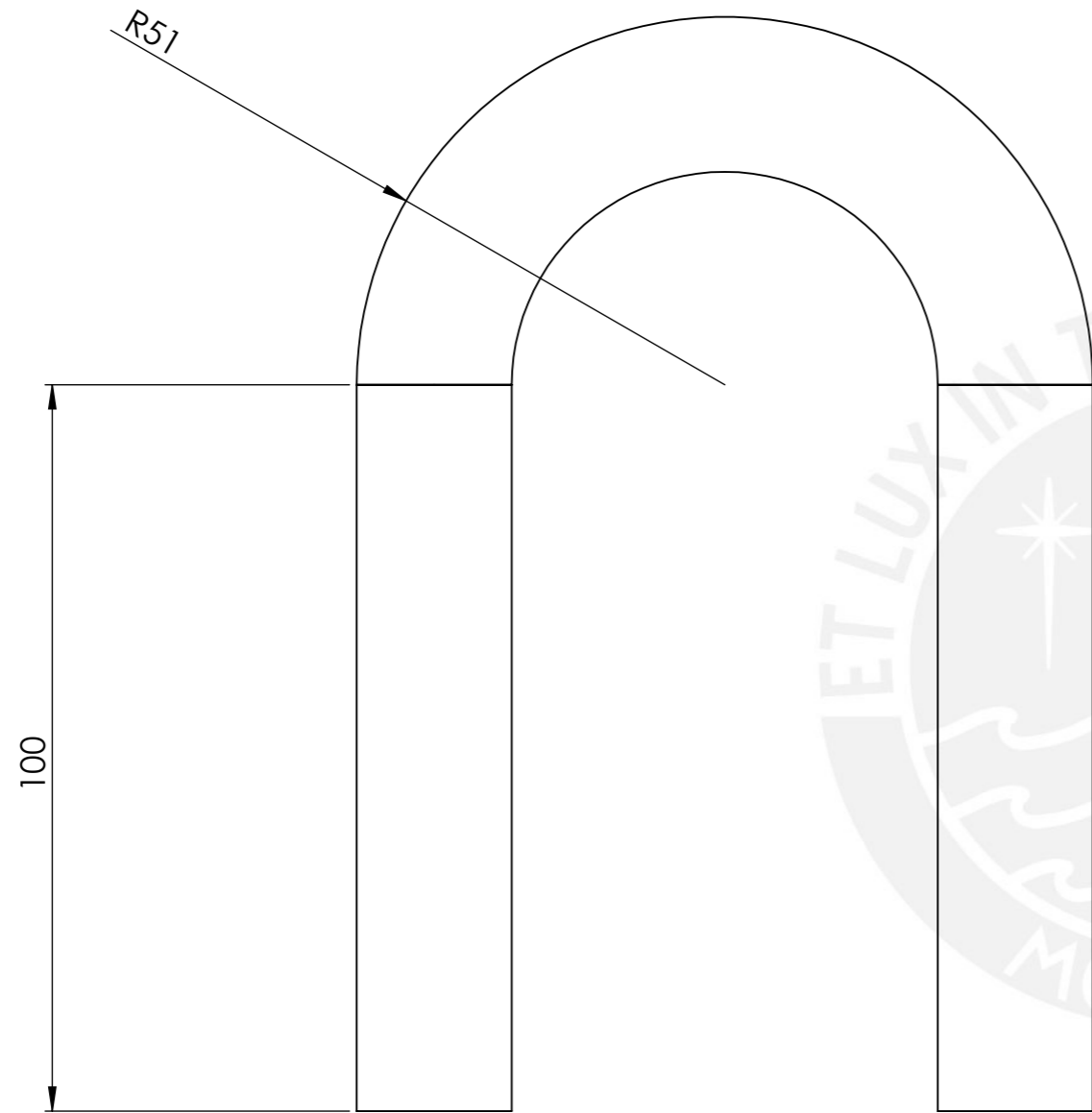
2	1	Plancha de acero 1650x2050x2 mm		AISI 1020	
2	1	Tubo de acero 1.5"			
1	6	Acero estructural cuadrado 2x2x0.25"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA

METODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FINDE CARRERA 2014-1	ESCALA
	PIEZA SOLDADA TAPA	1:20

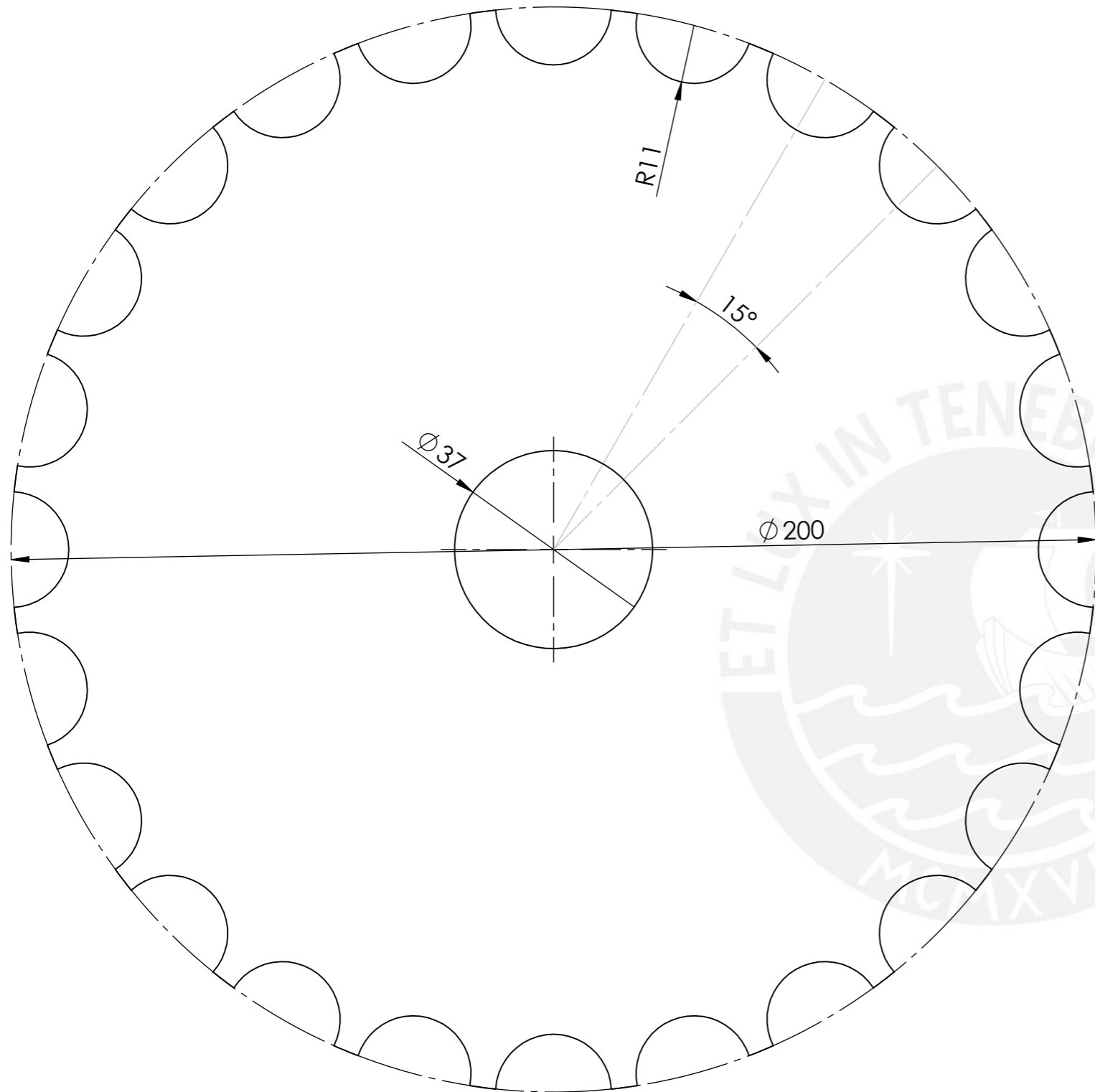
ELABORADO POR:	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN	R1
REVISADO POR:		FECHA	19/05/2014
APROBADO POR:		PLANO	PL12 - A3

GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



1	1	1	Tubo de caero 0.5"			
POS	CANT		DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIRÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA						
METODO DE PROYECCIÓN			PROYECTO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
			PIEZA SOLDADA VISAGRA TAPA		1:1	
ELABORADO POR:					CARLLS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1
REVISADO POR:						FECHA 19/06/2014
APROBADO POR:						PLANO PL13 - A3

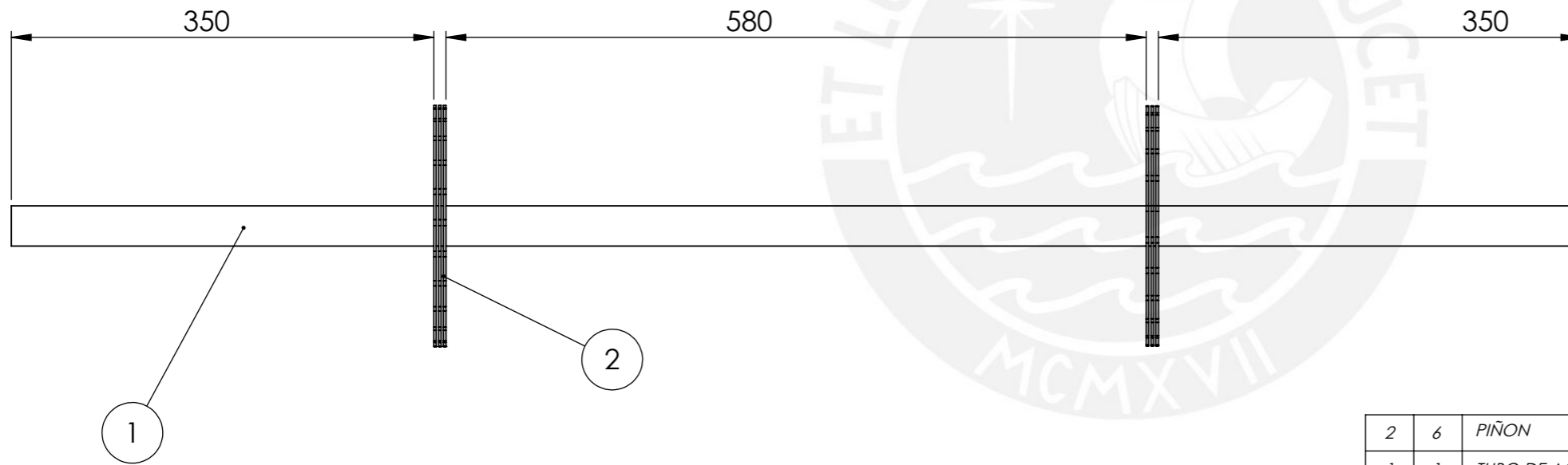
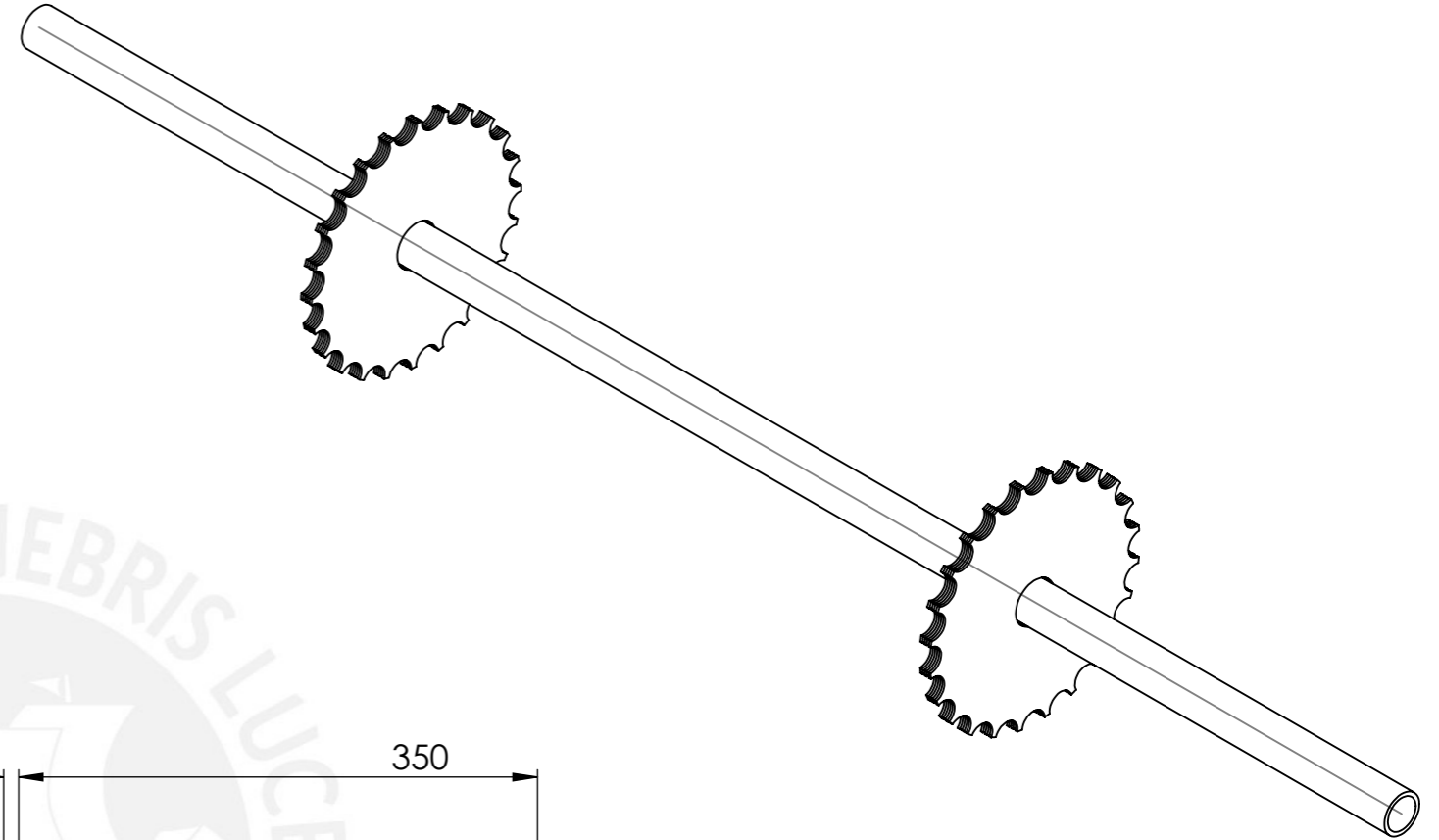
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



Espesor 5mm

TOLERANCIA DIMENSIONAL SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

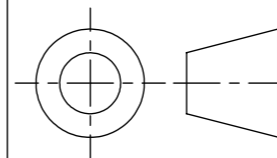
ACABADO SUPERFICIAL 	TOLERANCIA MEDIA SEGUN DIN 7168	MATERIAL AISI 1020
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA		
METODO DE PROYECCION 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1 DESPIECE PIÑON	ESCALA 1:1
ELABORADO POR	CARLOS JAVIER LAZARO MEZA	REVISIÓN R1
REVISADO POR		FECHA 19/06/2014
APROBADO POR		PLANO PL14 - A3



2	6	PIÑÓN			PL14-A3
1	1	TUBO DE ACERO 1"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA

METODO DE PROYECCIÓN



TRABAJO DE FIN DE CARRERA
2014-1

PIEZA SOLDADA
EJE - PIÑÓN

ESCALA

1:5

ELABORADO POR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA

REVISIÓN R1

REVISADO POR:

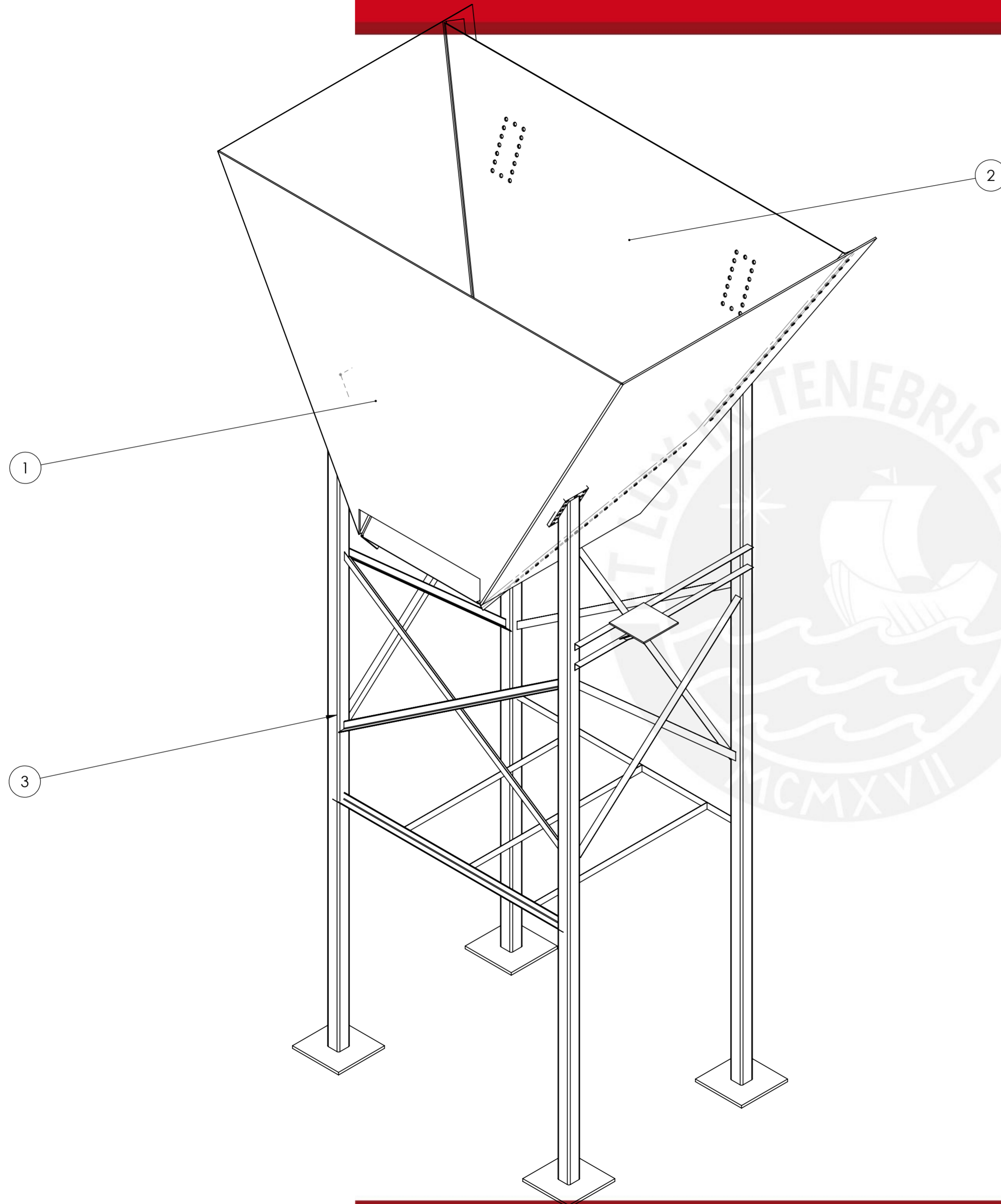
FECHA 19/06/2014

APROBADO POR:

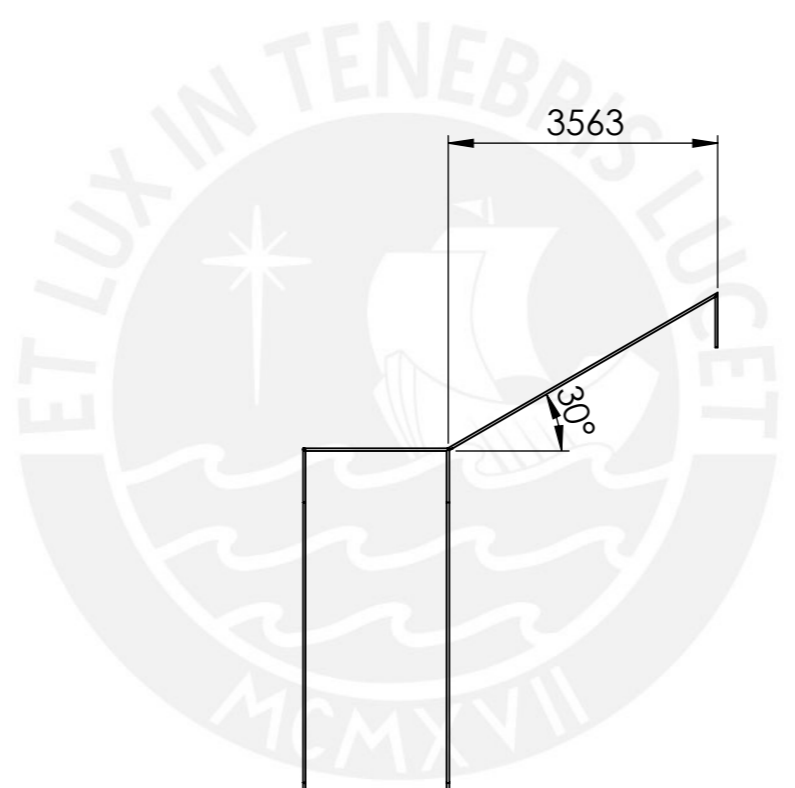
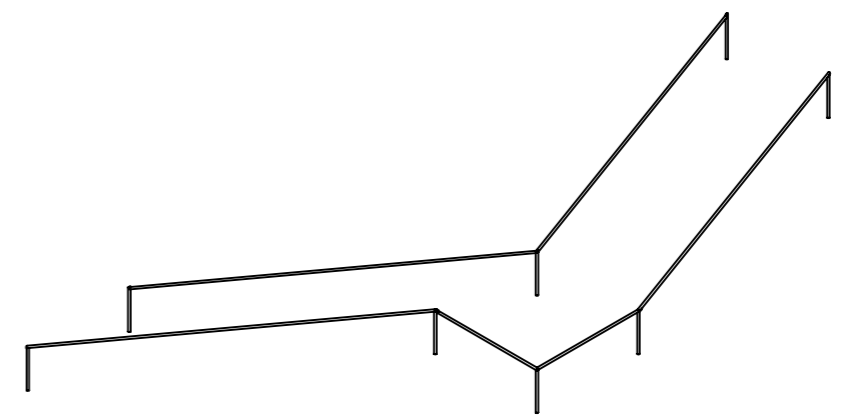
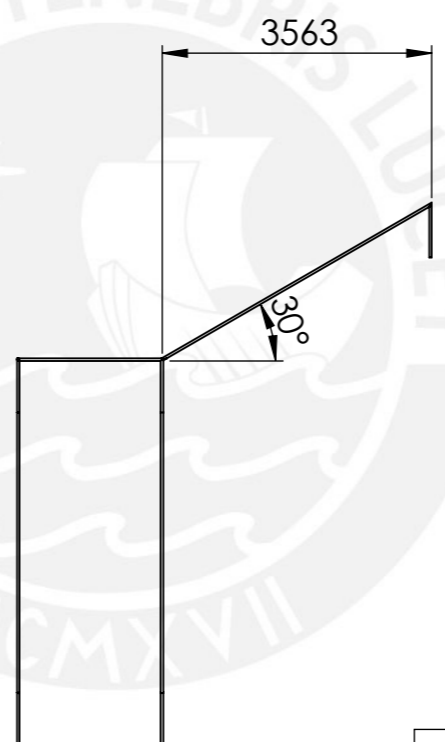
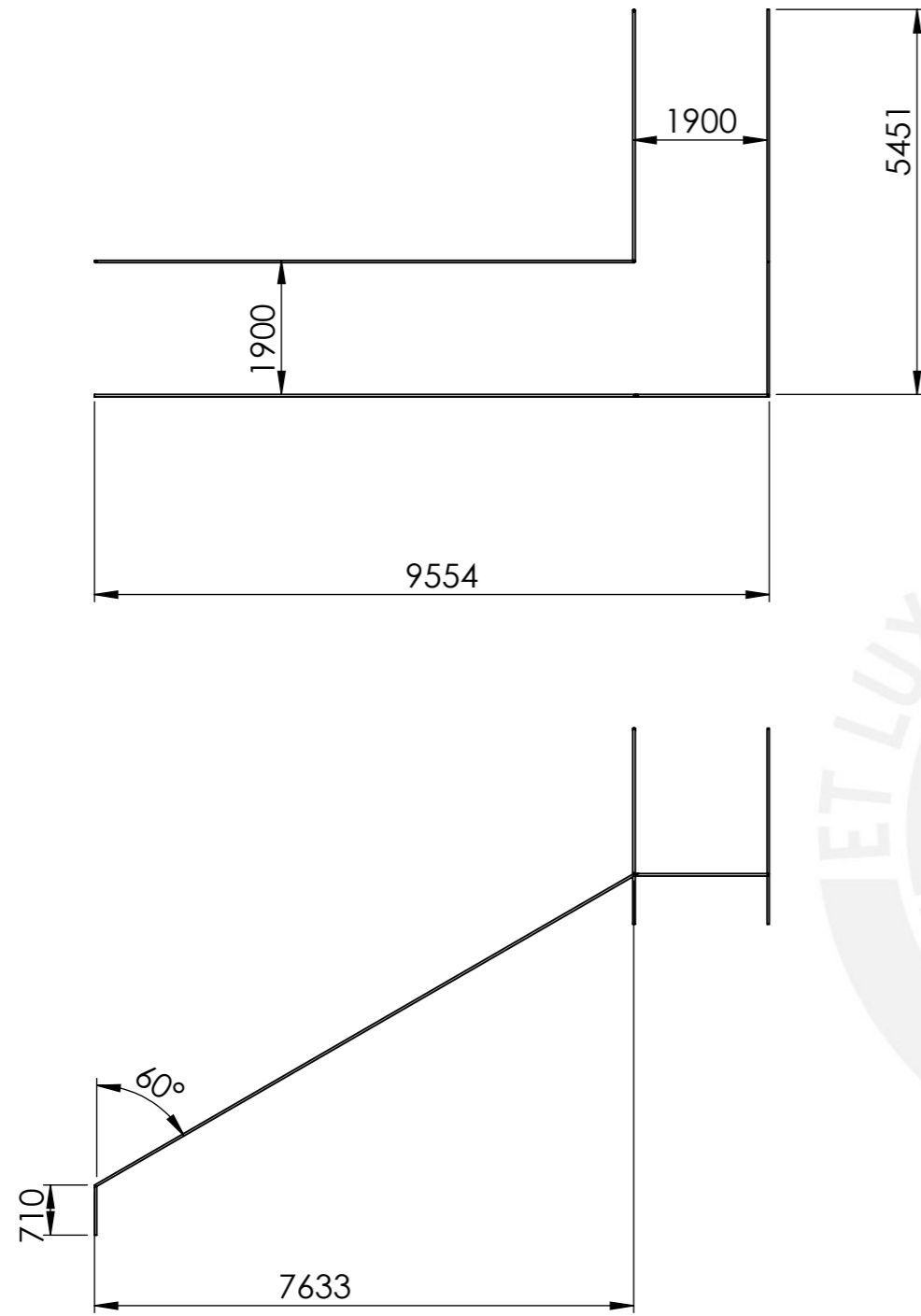
PLANO PL15 - A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES
SEGUN DIN 7168

GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5

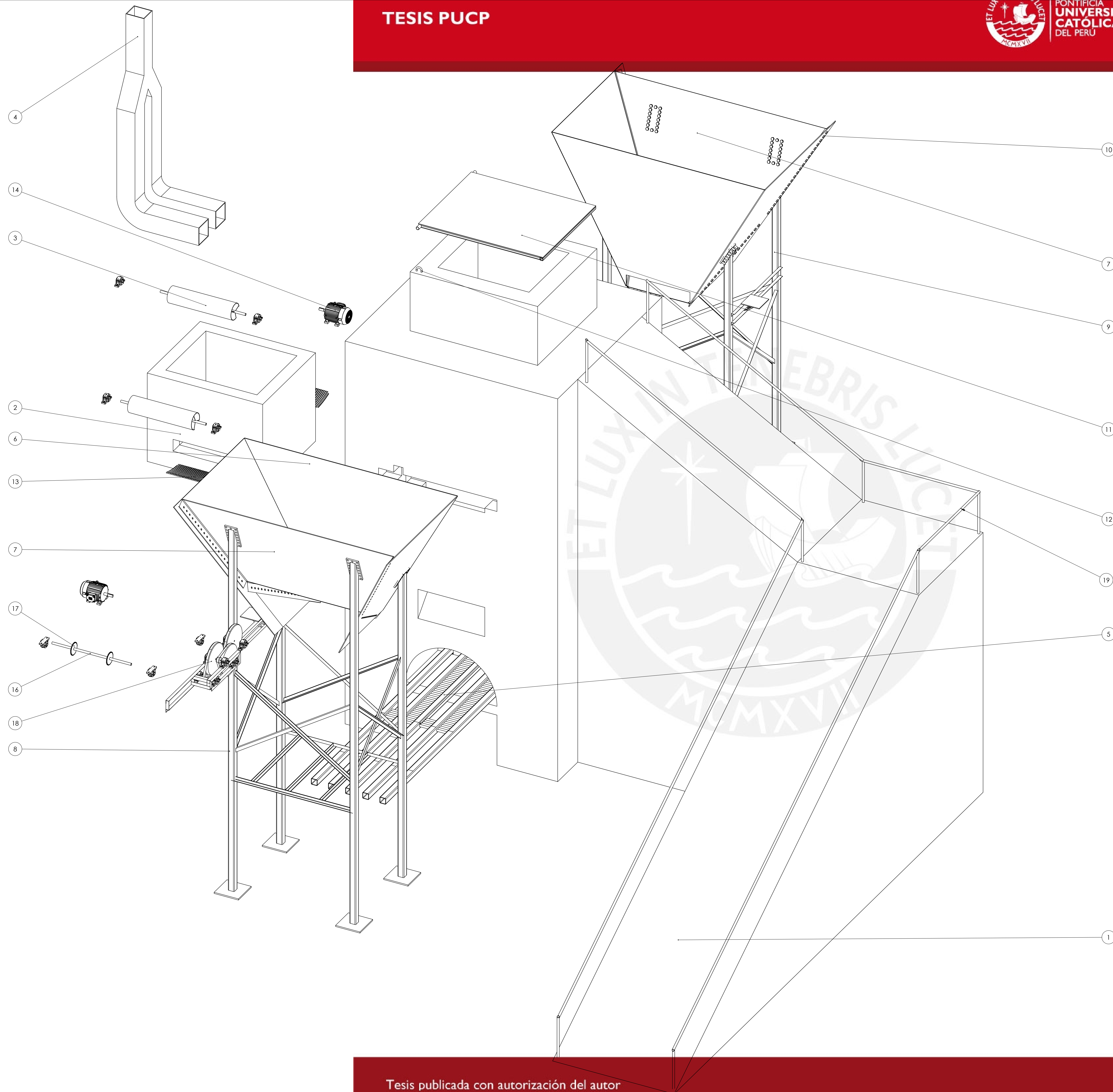


3	1	SOPORTE DE ALMACEN			PL5 - A0
2	1	CARA 2 - ALMACEN MADERA			PL9 - A2
1	1	CARA 1 - ALMACEN MADERA			PL8 - A2
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRONICA					
METODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
		ENSAMBLE ALMACEN MADERA PEQUEÑO		1:20	
ELABORADO POR:			CARLOS JAVIER LAZARO MEZA		REVISIÓN R1
REVISADO POR:					FECHA 19/06/2014
APROBADO POR:					PLANO PL16 - A2



1	1	Tubo de acero 1"			
POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA					
METODO DE PROYECCIÓN		TRABAJO DE FIN DE CARRERA 2014-1		ESCALA	
		PIEZA SOLDADA BARANDAS		1:100	
ELABORADO POR: CARLOS JAVIER LAZARO MEZA				REVISIÓN R1	
REVISADO POR:				FECHA 19/06/2014	
APROBADO POR:				PLANO PL17 - A3	

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	DESDE 0.5 HASTA 3	DESDE 3 HASTA 6	DESDE 6 HASTA 30	DESDE 30 HASTA 120	DESDE 120 HASTA 400
MEDIA	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5



19	1	BARANDA			PL17-A3
18	3	TRANSICIÓN POR FALAS			PL6-A3, PL7-A3
17	2	PIVOT			PL14-A3
16	7	EJE F PIVOT			PL15-A3
15	1	CHUMALERA			
14	3	MOTOR			
13	2	REJA			PL11-A3
12	2	VEAGRAS TAPA			PL13-A3
11	1	TAPA			PL12-A3
10	2/2	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL 1"			
9	1	SOPORTE ALMACEN PEQUEÑO			PL5-A0
8	1	SOPORTE ALMACEN LARGO			PL4-A0
7	2	CARA 2 - ALMACEN MADERA			PL9-A2
6	2	CARA 1 - ALMACEN MADERA			PL8-A2
5	1	VICAS			PL10-A3
4	1	CHIMENEA			
3	2	ALIMENTADOR			PL3-A33
2	1	PARED REFRACTARIA			PL2-A3
1	1	HORNO VERTICAL			PL1-A0

POS	CANT	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - SECCIÓN DE ING. MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROTECCIÓN:		TRABAJO DE FIN DE CARRERA		ESCALA	
		ENSAMBLE HORNO VERTICAL		1:50	
ELABORADO POR:		CARLOS JAVIER LAZARO MEZA		REVISIÓN: 01	
REVISADO POR:				FECHA: 19/06/2014	
APROBADO POR:				PLANO: PL18 - A0	

AD594/AD595

FEATURES

**Pretrimmed for Type J (AD594) or
 Type K (AD595) Thermocouples**
Can Be Used with Type T Thermocouple Inputs
Low Impedance Voltage Output: 10 mV/°C
Built-In Ice Point Compensation
Wide Power Supply Range: +5 V to ±15 V
Low Power: <1 mW typical
Thermocouple Failure Alarm
Laser Wafer Trimmed to 1°C Calibration Accuracy
Setpoint Mode Operation
Self-Contained Celsius Thermometer Operation
High Impedance Differential Input
Side-Brazed DIP or Low Cost Cerdip

PRODUCT DESCRIPTION

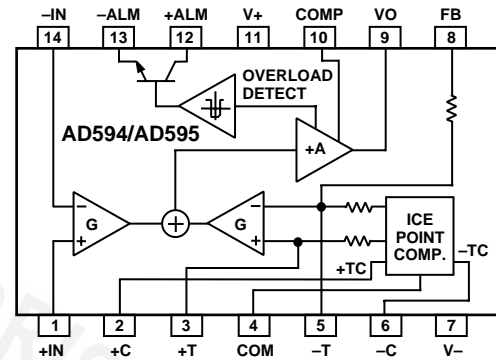
The AD594/AD595 is a complete instrumentation amplifier and thermocouple cold junction compensator on a monolithic chip. It combines an ice point reference with a precalibrated amplifier to produce a high level (10 mV/°C) output directly from a thermocouple signal. Pin-strapping options allow it to be used as a linear amplifier-compensator or as a switched output setpoint controller using either fixed or remote setpoint control. It can be used to amplify its compensation voltage directly, thereby converting it to a stand-alone Celsius transducer with a low impedance voltage output.

The AD594/AD595 includes a thermocouple failure alarm that indicates if one or both thermocouple leads become open. The alarm output has a flexible format which includes TTL drive capability.

The AD594/AD595 can be powered from a single ended supply (including +5 V) and by including a negative supply, temperatures below 0°C can be measured. To minimize self-heating, an unloaded AD594/AD595 will typically operate with a total supply current 160 µA, but is also capable of delivering in excess of ±5 mA to a load.

The AD594 is precalibrated by laser wafer trimming to match the characteristic of type J (iron-constantan) thermocouples and the AD595 is laser trimmed for type K (chromel-alumel) inputs. The temperature transducer voltages and gain control resistors

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



are available at the package pins so that the circuit can be recalibrated for the thermocouple types by the addition of two or three resistors. These terminals also allow more precise calibration for both thermocouple and thermometer applications.

The AD594/AD595 is available in two performance grades. The C and the A versions have calibration accuracies of ±1°C and ±3°C, respectively. Both are designed to be used from 0°C to +50°C, and are available in 14-pin, hermetically sealed, side-brazed ceramic DIPs as well as low cost cerdip packages.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD594/AD595 provides cold junction compensation, amplification, and an output buffer in a single IC package.
2. Compensation, zero, and scale factor are all precalibrated by laser wafer trimming (LWT) of each IC chip.
3. Flexible pinout provides for operation as a setpoint controller or a stand-alone temperature transducer calibrated in degrees Celsius.
4. Operation at remote application sites is facilitated by low quiescent current and a wide supply voltage range +5 V to dual supplies spanning 30 V.
5. Differential input rejects common-mode noise voltage on the thermocouple leads.

REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

TESIS PUCP AD594/AD595—SPECIFICATIONS

(@ +25°C and $V_S = 5\text{ V}$, Type J (AD594), Type K (AD595) Thermocouple, unless otherwise noted)

Model	AD594A			AD594C			AD595A			AD595C			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
ABSOLUTE MAXIMUM RATING													
+ V_S to $-V_S$		36			36			36			36		Volts
Common-Mode Input Voltage	$-V_S - 0.15$	$+V_S$		$-V_S - 0.15$	$+V_S$		$-V_S - 0.15$	$+V_S$		$-V_S - 0.15$	$+V_S$		Volts
Differential Input Voltage	$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		Volts
Alarm Voltages													
+ALM	$-V_S$	$-V_S + 36$		$-V_S$	$-V_S + 36$		$-V_S$	$-V_S + 36$		$-V_S$	$-V_S + 36$		Volts
-ALM	$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		$-V_S$	$+V_S$		Volts
Operating Temperature Range	-55	$+125$		-55	$+125$		-55	$+125$		-55	$+125$		°C
Output Short Circuit to Common	Indefinite			Indefinite			Indefinite			Indefinite			
TEMPERATURE MEASUREMENT (Specified Temperature Range 0°C to +50°C)													
Calibration Error at +25°C ¹		± 3			± 1			± 3			± 1		°C
Stability vs. Temperature ²		± 0.05			± 0.025			± 0.05			± 0.025		°C/°C
Gain Error		± 1.5			± 0.75			± 1.5			± 0.75		%
Nominal Transfer Function		10			10			10			10		mV/°C
AMPLIFIER CHARACTERISTICS													
Closed Loop Gain ³		193.4			193.4			247.3			247.3		
Input Offset Voltage		(Temperature in °C) × 51.70 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$		(Temperature in °C) × 51.70 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$			(Temperature in °C) × 40.44 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$			(Temperature in °C) × 40.44 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$			μV
Input Bias Current		0.1		0.1			0.1			0.1			μA
Differential Input Range	-10	$+50$		-10	$+50$		-10	$+50$		-10	$+50$		mV
Common-Mode Range	$-V_S - 0.15$	$-V_S - 4$		$-V_S - 0.15$	$-V_S - 4$		$-V_S - 0.15$	$-V_S - 4$		$-V_S - 0.15$	$-V_S - 4$		Volts
Common-Mode Sensitivity – RTO		10		10			10			10			mV/V
Power Supply Sensitivity – RTO		10		10			10			10			mV/V
Output Voltage Range													
Dual Supply	$-V_S + 2.5$	$+V_S - 2$		$-V_S + 2.5$	$+V_S - 2$		$-V_S + 2.5$	$+V_S - 2$		$-V_S + 2.5$	$+V_S - 2$		Volts
Single Supply	0	$+V_S - 2$		0	$+V_S - 2$		0	$+V_S + 2$		0	$+V_S - 2$		Volts
Usable Output Current ⁴		± 5		± 5			± 5			± 5			mA
3 dB Bandwidth		15		15			15			15			kHz
ALARM CHARACTERISTICS													
$V_{CE(SAT)}$ at 2 mA		0.3		0.3			0.3			0.3			Volts
Leakage Current		± 1		± 1			± 1			± 1			μA max
Operating Voltage at -ALM		$+V_S - 4$		$+V_S - 4$			$+V_S - 4$			$+V_S - 4$			Volts
Short Circuit Current		20		20			20			20			mA
POWER REQUIREMENTS													
Specified Performance Operating ⁵		$+V_S = 5, -V_S = 0$ $+V_S$ to $-V_S \leq 30$		$+V_S = 5, -V_S = 0$ $+V_S$ to $-V_S \leq 30$			$+V_S = 5, -V_S = 0$ $+V_S$ to $-V_S \leq 30$			$+V_S = 5, -V_S = 0$ $+V_S$ to $-V_S \leq 30$			Volts
Quiescent Current (No Load)													
+ V_S		160	300		160	300		160	300		160	300	μA
$-V_S$		100			100			100			100		μA
PACKAGE OPTION													
TO-116 (D-14)		AD594AD		AD594CD			AD595AD			AD595CD			
Cerdip (Q-14)		AD594AQ		AD594CQ			AD595AQ			AD595CQ			

NOTES
¹Calibrated for minimum error at +25°C using a thermocouple sensitivity of 51.7 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Since a J type thermocouple deviates from this straight line approximation, the AD594 will normally read 3.1 mV when the measuring junction is at 0°C. The AD595 will similarly read 2.7 mV at 0°C.
²Defined as the slope of the line connecting the AD594/AD595 errors measured at 0°C and 50°C ambient temperature.
³Pin 8 shorted to Pin 9.
⁴Current Sink Capability in single supply configuration is limited to current drawn to ground through a 50 k Ω resistor at output voltages below 2.5 V.
⁵ $-V_S$ must not exceed -16.5 V .

Specifications shown in **boldface** are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All min and max specifications are guaranteed, although only those shown in **boldface** are tested on all production units. Specifications subject to change without notice.

INTERPRETING AD594/AD595 OUTPUT VOLTAGES

To achieve a temperature proportional output of 10 mV/°C and accurately compensate for the reference junction over the rated operating range of the circuit, the AD594/AD595 is gain trimmed to match the transfer characteristic of J and K type thermocouples at 25°C. For a type J output in this temperature range the TC is 51.70 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, while for a type K it is 40.44 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. The resulting gain for the AD594 is 193.4 (10 mV/°C divided by 51.7 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) and for the AD595 is 247.3 (10 mV/°C divided by 40.44 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$). In addition, an absolute accuracy trim induces an input offset to the output amplifier characteristic of 16 μV for the AD594 and 11 μV for the AD595. This offset arises because the AD594/AD595 is trimmed for a 250 mV output while applying a 25°C thermocouple input.

Because a thermocouple output voltage is nonlinear with respect to temperature, and the AD594/AD595 linearly amplifies the

compensated signal, the following transfer functions should be used to determine the actual output voltages:

$$AD594 \text{ output} = (\text{Type J Voltage} + 16 \mu\text{V}) \times 193.4$$

$$AD595 \text{ output} = (\text{Type K Voltage} + 11 \mu\text{V}) \times 247.3 \text{ or conversely:}$$

$$\text{Type J voltage} = (AD594 \text{ output}/193.4) - 16 \mu\text{V}$$

$$\text{Type K voltage} = (AD595 \text{ output}/247.3) - 11 \mu\text{V}$$

Table I lists the ideal AD594/AD595 output voltages as a function of Celsius temperature for type J and K ANSI standard thermocouples, with the package and reference junction at 25°C. As is normally the case, these outputs are subject to calibration, gain and temperature sensitivity errors. Output values for intermediate temperatures can be interpolated, or calculated using the output equations and ANSI thermocouple voltage tables referred to zero degrees Celsius. Due to a slight variation in alloy content between ANSI type J and DIN FE-CUNI

Table I. Output Voltage vs. Thermocouple Temperature (Ambient +25°C, $V_S = -5\text{ V}, +15\text{ V}$)

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
-200	-7.890	-1523	-5.891	-1454
-180	-7.402	-1428	-5.550	-1370
-160	-6.821	-1316	-5.141	-1269
-140	-6.159	-1188	-4.669	-1152
-120	-5.426	-1046	-4.138	-1021
-100	-4.632	-893	-3.553	-876
-80	-3.785	-729	-2.920	-719
-60	-2.892	-556	-2.243	-552
-40	-1.960	-376	-1.527	-375
-20	-0.995	-189	-0.777	-189
-10	-0.501	-94	-0.392	-94
0	0	3.1	0	2.7
10	0.507	101	0.397	101
20	1.019	200	0.798	200
25	1.277	250	1.000	250
30	1.536	300	1.203	300
40	2.058	401	1.611	401
50	2.585	503	2.022	503
60	3.115	606	2.436	605
80	4.186	813	3.266	810
100	5.268	1022	4.095	1015
120	6.359	1233	4.919	1219
140	7.457	1445	5.733	1420
160	8.560	1659	6.539	1620
180	9.667	1873	7.338	1817
200	10.777	2087	8.137	2015
220	11.887	2302	8.938	2213
240	12.998	2517	9.745	2413
260	14.108	2732	10.560	2614
280	15.217	2946	11.381	2817
300	16.325	3160	12.207	3022
320	17.432	3374	13.039	3227
340	18.537	3588	13.874	3434
360	19.640	3801	14.712	3641
380	20.743	4015	15.552	3849
400	21.846	4228	16.395	4057
420	22.949	4441	17.241	4266
440	24.054	4655	18.088	4476
460	25.161	4869	18.938	4686
480	26.272	5084	19.788	4896
500	27.388	5300	20.640	5107
520	28.511	5517	21.493	5318
540	29.642	5736	22.346	5529
560	30.782	5956	23.198	5740
580	31.933	6179	24.050	5950
600	33.096	6404	24.902	6161
620	34.273	6632	25.751	6371
640	35.464	6862	26.599	6581
660	36.671	7095	27.445	6790
680	37.893	7332	28.288	6998
700	39.130	7571	29.128	7206
720	40.382	7813	29.965	7413
740	41.647	8058	30.799	7619
750	42.283	8181	31.214	7722
760	-	-	31.629	7825
780	-	-	32.455	8029
800	-	-	33.277	8232
820	-	-	34.095	8434
840	-	-	34.909	8636
860	-	-	35.718	8836
880	-	-	36.524	9035
900	-	-	37.325	9233
920	-	-	38.122	9430
940	-	-	38.915	9626
960	-	-	39.703	9821
980	-	-	40.488	10015
1000	-	-	41.269	10209
1020	-	-	42.045	10400
1040	-	-	42.817	10591
1060	-	-	43.585	10781
1080	-	-	44.339	10970
1100	-	-	45.108	11158
1120	-	-	45.863	11345
1140	-	-	46.612	11530
1160	-	-	47.356	11714
1180	-	-	48.095	11897
1200	-	-	48.828	12078
1220	-	-	49.555	12258
1240	-	-	50.276	12436
1250	-	-	50.633	12524

thermocouples Table I should not be used in conjunction with European standard thermocouples. Instead the transfer function given previously and a DIN thermocouple table should be used. ANSI type K and DIN NiCr-Ni thermocouples are composed

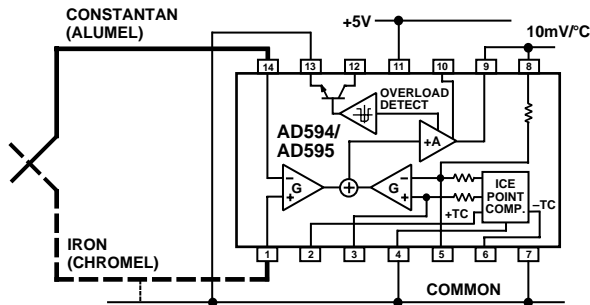


Figure 1. Basic Connection, Single Supply Operation

of identical alloys and exhibit similar behavior. The upper temperature limits in Table I are those recommended for type J and type K thermocouples by the majority of vendors.

SINGLE AND DUAL SUPPLY CONNECTIONS

The AD594/AD595 is a completely self-contained thermocouple conditioner. Using a single +5 V supply the interconnections shown in Figure 1 will provide a direct output from a type J thermocouple (AD594) or type K thermocouple (AD595) measuring from 0°C to +300°C.

Any convenient supply voltage from +5 V to +30 V may be used, with self-heating errors being minimized at lower supply levels. In the single supply configuration the +5 V supply connects to Pin 11 with the V- connection at Pin 7 strapped to power and signal common at Pin 4. The thermocouple wire inputs connect to Pins 1 and 14 either directly from the measuring point or through intervening connections of similar thermocouple wire type. When the alarm output at Pin 13 is not used it should be connected to common or -V. The precalibrated feedback network at Pin 8 is tied to the output at Pin 9 to provide a 10 mV/°C nominal temperature transfer characteristic.

By using a wider ranging dual supply, as shown in Figure 2, the AD594/AD595 can be interfaced to thermocouples measuring both negative and extended positive temperatures.

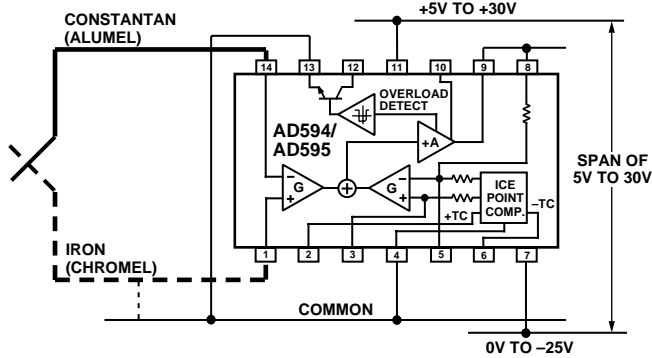


Figure 2. Dual Supply Operation

With a negative supply the output can indicate negative temperatures and drive grounded loads or loads returned to positive voltages. Increasing the positive supply from 5 V to 15 V extends the output voltage range well beyond the 750°C temperature limit recommended for type J thermocouples (AD594) and the 1250°C for type K thermocouples (AD595).

Common-mode voltages on the thermocouple inputs must remain within the common-mode range of the AD594/AD595, with a return path provided for the bias currents. If the thermocouple is not remotely grounded, then the dotted line connections in Figures 1 and 2 are recommended. A resistor may be needed in this connection to assure that common-mode voltages induced in the thermocouple loop are not converted to normal mode.

THERMOCOUPLE CONNECTIONS

The isothermal terminating connections of a pair of thermocouple wires forms an effective reference junction. This junction must be kept at the same temperature as the AD594/AD595 for the internal cold junction compensation to be effective.

A method that provides for thermal equilibrium is the printed circuit board connection layout illustrated in Figure 3.

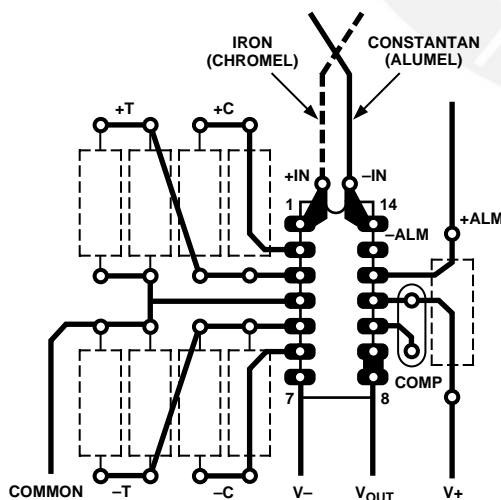


Figure 3. PCB Connections

Here the AD594/AD595 package temperature and circuit board are thermally contacted in the copper printed circuit board tracks under Pins 1 and 14. The reference junction is now composed of a copper-constantan (or copper-alumel) connection and copper-iron (or copper-chromel) connection, both of which are at the same temperature as the AD594/AD595.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

The printed circuit board layout shown also provides for placement of optional alarm load resistors, recalibration resistors and a compensation capacitor to limit bandwidth.

To ensure secure bonding the thermocouple wire should be cleaned to remove oxidation prior to soldering. Noncorrosive rosin flux is effective with iron, constantan, chromel and alumel and the following solders: 95% tin-5% antimony, 95% tin-5% silver or 90% tin-10% lead.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The AD594 behaves like two differential amplifiers. The outputs are summed and used to control a high gain amplifier, as shown in Figure 4.

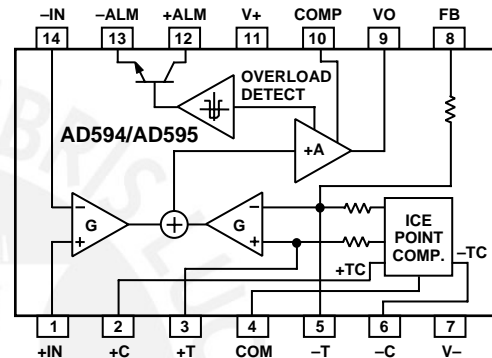


Figure 4. AD594/AD595 Block Diagram

In normal operation the main amplifier output, at Pin 9, is connected to the feedback network, at Pin 8. Thermocouple signals applied to the floating input stage, at Pins 1 and 14, are amplified by gain G of the differential amplifier and are then further amplified by gain A in the main amplifier. The output of the main amplifier is fed back to a second differential stage in an inverting connection. The feedback signal is amplified by this stage and is also applied to the main amplifier input through a summing circuit. Because of the inversion, the amplifier causes the feedback to be driven to reduce this difference signal to a small value. The two differential amplifiers are made to match and have identical gains, G. As a result, the feedback signal that must be applied to the right-hand differential amplifier will precisely match the thermocouple input signal when the difference signal has been reduced to zero. The feedback network is trimmed so that the effective gain to the output, at Pins 8 and 9, results in a voltage of 10 mV/°C of thermocouple excitation.

In addition to the feedback signal, a cold junction compensation voltage is applied to the right-hand differential amplifier. The compensation is a differential voltage proportional to the Celsius temperature of the AD594/AD595. This signal disturbs the differential input so that the amplifier output must adjust to restore the input to equal the applied thermocouple voltage.

The compensation is applied through the gain scaling resistors so that its effect on the main output is also 10 mV/°C. As a result, the compensation voltage adds to the effect of the thermocouple voltage a signal directly proportional to the difference between 0°C and the AD594/AD595 temperature. If the thermocouple reference junction is maintained at the AD594/AD595 temperature, the output of the AD594/AD595 will correspond to the reading that would have been obtained from amplification of a signal from a thermocouple referenced to an ice bath.

The AD594/AD595 also includes an input open circuit detector that switches on an alarm transistor. This transistor is actually a current-limited output buffer, but can be used up to the limit as a switch transistor for either pull-up or pull-down operation of external alarms.

The ice point compensation network has voltages available with positive and negative temperature coefficients. These voltages may be used with external resistors to modify the ice point compensation and recalibrate the AD594/AD595 as described in the next column.

The feedback resistor is separately pinned out so that its value can be padded with a series resistor, or replaced with an external resistor between Pins 5 and 9. External availability of the feedback resistor allows gain to be adjusted, and also permits the AD594/AD595 to operate in a switching mode for setpoint operation.

CAUTIONS:

The temperature compensation terminals (+C and -C) at Pins 2 and 6 are provided to supply small calibration currents only. The AD594/AD595 may be permanently damaged if they are grounded or connected to a low impedance.

The AD594/AD595 is internally frequency compensated for feedback ratios (corresponding to normal signal gain) of 75 or more. If a lower gain is desired, additional frequency compensation should be added in the form of a 300 pF capacitor from Pin 10 to the output at Pin 9. As shown in Figure 5 an additional 0.01 μF capacitor between Pins 10 and 11 is recommended.

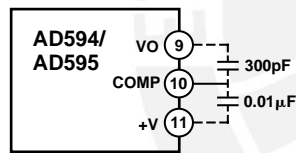


Figure 5. Low Gain Frequency Compensation

RECALIBRATION PRINCIPLES AND LIMITATIONS

The ice point compensation network of the AD594/AD595 produces a differential signal which is zero at 0°C and corresponds to the output of an ice referenced thermocouple at the temperature of the chip. The positive TC output of the circuit is proportional to Kelvin temperature and appears as a voltage at +T. It is possible to decrease this signal by loading it with a resistor from +T to COM, or increase it with a pull-up resistor from +T to the larger positive TC voltage at +C. Note that adjustments to +T should be made by measuring the voltage which tracks it at -T. To avoid destabilizing the feedback amplifier the measuring instrument should be isolated by a few thousand ohms in series with the lead connected to -T.

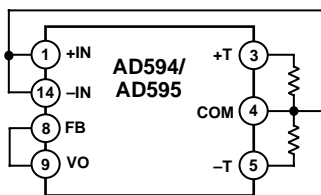


Figure 6. Decreased Sensitivity Adjustment

Changing the positive TC half of the differential output of the compensation scheme shifts the zero point away from 0°C. The zero can be restored by adjusting the current flow into the negative input of the feedback amplifier, the -T pin. A current into

this terminal can be produced with a resistor between -C and -T to balance an increase in +T, or a resistor from -T to COM to offset a decrease in +T.

If the compensation is adjusted substantially to accommodate a different thermocouple type, its effect on the final output voltage will increase or decrease in proportion. To restore the nominal output to 10 mV/°C the gain may be adjusted to match the new compensation and thermocouple input characteristics. When reducing the compensation the resistance between -T and COM automatically increases the gain to within 0.5% of the correct value. If a smaller gain is required, however, the nominal 47 kΩ internal feedback resistor can be paralleled or replaced with an external resistor.

Fine calibration adjustments will require temperature response measurements of individual devices to assure accuracy. Major reconfigurations for other thermocouple types can be achieved without seriously compromising initial calibration accuracy, so long as the procedure is done at a fixed temperature using the factory calibration as a reference. It should be noted that intermediate recalibration conditions may require the use of a negative supply.

EXAMPLE: TYPE E RECALIBRATION—AD594/AD595

Both the AD594 and AD595 can be configured to condition the output of a type E (chromel-constantan) thermocouple. Temperature characteristics of type E thermocouples differ less from type J, than from type K, therefore the AD594 is preferred for recalibration.

While maintaining the device at a constant temperature follow the recalibration steps given here. First, measure the device temperature by tying both inputs to common (or a selected common-mode potential) and connecting FB to VO. The AD594 is now in the stand alone Celsius thermometer mode. For this example assume the ambient is 24°C and the initial output VO is 240 mV. Check the output at VO to verify that it corresponds to the temperature of the device.

Next, measure the voltage -T at Pin 5 with a high impedance DVM (capacitance should be isolated by a few thousand ohms of resistance at the measured terminals). At 24°C the -T voltage will be about 8.3 mV. To adjust the compensation of an AD594 to a type E thermocouple a resistor, R1, should be connected between +T and +C, Pins 2 and 3, to raise the voltage at -T by the ratio of thermocouple sensitivities. The ratio for converting a type J device to a type E characteristic is:

$$r(AD594) = (60.9 \mu V/^\circ C) / (51.7 \mu V/^\circ C) = 1.18$$

Thus, multiply the initial voltage measured at -T by r and experimentally determine the R1 value required to raise -T to that level. For the example the new -T voltage should be about 9.8 mV. The resistance value should be approximately 1.8 kΩ.

The zero differential point must now be shifted back to 0°C. This is accomplished by multiplying the original output voltage VO by r and adjusting the measured output voltage to this value by experimentally adding a resistor, R2, between -C and -T, Pins 5 and 6. The target output value in this case should be about 283 mV. The resistance value of R2 should be approximately 240 kΩ.

Finally, the gain must be recalibrated such that the output VO indicates the device's temperature once again. Do this by adding a third resistor, R3, between FB and -T, Pins 8 and 5. VO should now be back to the initial 240 mV reading. The resistance value

of R3 should be approximately 280 kΩ. The final connection diagram is shown in Figure 7. An approximate verification of the effectiveness of recalibration is to measure the differential gain to the output. For type E it should be 164.2.

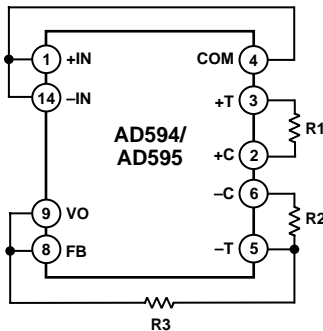


Figure 7. Type E Recalibration

When implementing a similar recalibration procedure for the AD595 the values for R1, R2, R3 and r will be approximately 650 Ω, 84 kΩ, 93 kΩ and 1.51, respectively. Power consumption will increase by about 50% when using the AD595 with type E inputs.

Note that during this procedure it is crucial to maintain the AD594/AD595 at a stable temperature because it is used as the temperature reference. Contact with fingers or any tools not at ambient temperature will quickly produce errors. Radiational heating from a change in lighting or approach of a soldering iron must also be guarded against.

USING TYPE T THERMOCOUPLES WITH THE AD595

Because of the similarity of thermal EMFs in the 0°C to +50°C range between type K and type T thermocouples, the AD595 can be directly used with both types of inputs. Within this ambient temperature range the AD595 should exhibit no more than an additional 0.2°C output calibration error when used with type T inputs. The error arises because the ice point compensator is trimmed to type K characteristics at 25°C. To calculate the AD595 output values over the recommended -200°C to +350°C range for type T thermocouples, simply use the ANSI thermocouple voltages referred to 0°C and the output equation given on page 2 for the AD595. Because of the relatively large nonlinearities associated with type T thermocouples the output will deviate widely from the nominal 10 mV/°C. However, cold junction compensation over the rated 0°C to +50°C ambient will remain accurate.

STABILITY OVER TEMPERATURE

Each AD594/AD595 is tested for error over temperature with the measuring thermocouple at 0°C. The combined effects of cold junction compensation error, amplifier offset drift and gain error determine the stability of the AD594/AD595 output over the rated ambient temperature range. Figure 8 shows an AD594/AD595 drift error envelope. The slope of this figure has units of °C/°C.

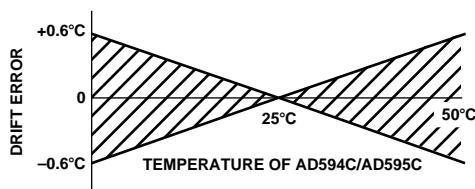


Figure 8. Drift Error vs. Temperature

THERMAL ENVIRONMENT EFFECTS

The inherent low power dissipation of the AD594/AD595 and the low thermal resistance of the package make self-heating errors almost negligible. For example, in still air the chip to ambient thermal resistance is about 80°C/watt (for the D package). At the nominal dissipation of 800 μW the self-heating in free air is less than 0.065°C. Submerged in fluorinert liquid (unstirred) the thermal resistance is about 40°C/watt, resulting in a self-heating error of about 0.032°C.

SETPOINT CONTROLLER

The AD594/AD595 can readily be connected as a setpoint controller as shown in Figure 9.

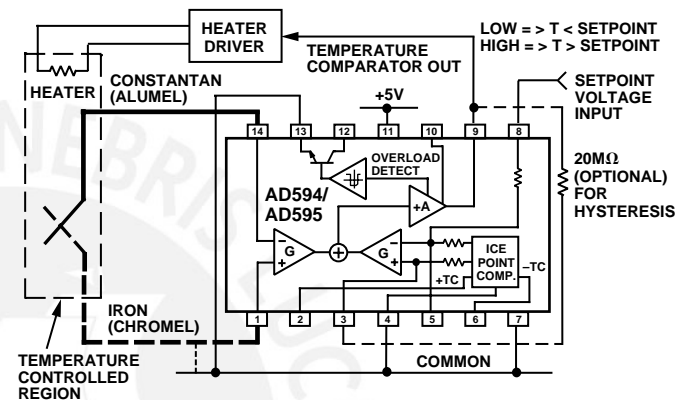


Figure 9. Setpoint Controller

The thermocouple is used to sense the unknown temperature and provide a thermal EMF to the input of the AD594/AD595. The signal is cold junction compensated, amplified to 10 mV/°C and compared to an external setpoint voltage applied by the user to the feedback at Pin 8. Table I lists the correspondence between setpoint voltage and temperature, accounting for the nonlinearity of the measurement thermocouple. If the setpoint temperature range is within the operating range (-55°C to +125°C) of the AD594/AD595, the chip can be used as the transducer for the circuit by shorting the inputs together and utilizing the nominal calibration of 10 mV/°C. This is the centigrade thermometer configuration as shown in Figure 13.

In operation if the setpoint voltage is above the voltage corresponding to the temperature being measured the output swings low to approximately zero volts. Conversely, when the temperature rises above the setpoint voltage the output switches to the positive limit of about 4 volts with a +5 V supply. Figure 9 shows the setpoint comparator configuration complete with a heater element driver circuit being controlled by the AD594/AD595 toggled output. Hysteresis can be introduced by injecting a current into the positive input of the feedback amplifier when the output is toggled high. With an AD594 about 200 nA into the +T terminal provides 1°C of hysteresis. When using a single 5 V supply with an AD594, a 20 MΩ resistor from VO to +T will supply the 200 nA of current when the output is forced high (about 4 V). To widen the hysteresis band decrease the resistance connected from VO to +T.

ALARM CIRCUIT

In all applications of the AD594/AD595 the -ALM connection, Pin 13, should be constrained so that it is not more positive than $(V+) - 4 V$. This can be most easily achieved by connecting Pin 13 to either common at Pin 4 or $V-$ at Pin 7. For most applications that use the alarm signal, Pin 13 will be grounded and the signal will be taken from +ALM on Pin 12. A typical application is shown in Figure 10.

In this configuration the alarm transistor will be off in normal operation and the 20 k pull up will cause the +ALM output on Pin 12 to go high. If one or both of the thermocouple leads are interrupted, the +ALM pin will be driven low. As shown in Figure 10 this signal is compatible with the input of a TTL gate which can be used as a buffer and/or inverter.

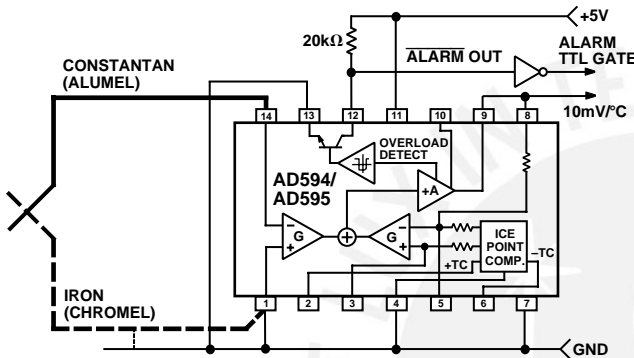


Figure 10. Using the Alarm to Drive a TTL Gate ("Grounded" Emitter Configuration)

Since the alarm is a high level output it may be used to directly drive an LED or other indicator as shown in Figure 11.

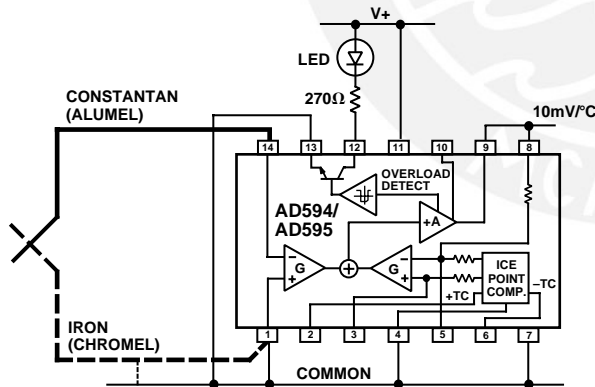


Figure 11. Alarm Directly Drives LED

A 270 Ω series resistor will limit current in the LED to 10 mA, but may be omitted since the alarm output transistor is current limited at about 20 mA. The transistor, however, will operate in a high dissipation mode and the temperature of the circuit will rise well above ambient. Note that the cold junction compensation will be affected whenever the alarm circuit is activated. The time required for the chip to return to ambient temperature will depend on the power dissipation of the alarm circuit, the nature of the thermal path to the environment and the alarm duration.

The alarm can be used with both single and dual supplies. It can be operated above or below ground. The collector and emitter of the output transistor can be used in any normal switch configuration. As an example a negative referenced load can be driven from -ALM as shown in Figure 12.

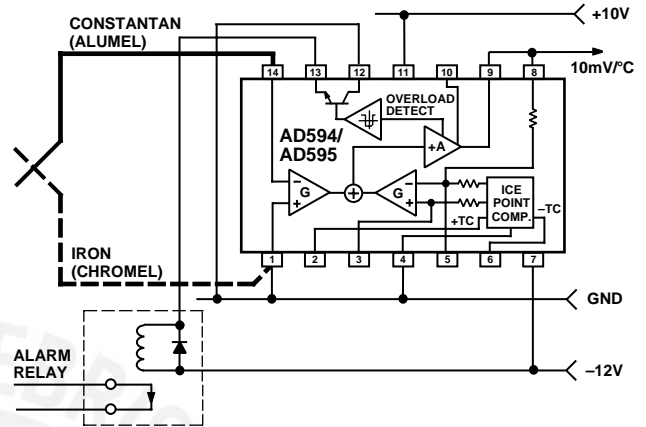


Figure 12. -ALM Driving A Negative Referenced Load

The collector (+ALM) should not be allowed to become more positive than $(V-) + 36 V$, however, it may be permitted to be more positive than $V+$. The emitter voltage (-ALM) should be constrained so that it does not become more positive than 4 volts below the $V+$ applied to the circuit.

Additionally, the AD594/AD595 can be configured to produce an extreme upscale or downscale output in applications where an extra signal line for an alarm is inappropriate. By tying either of the thermocouple inputs to common most runaway control conditions can be automatically avoided. A +IN to common connection creates a downscale output if the thermocouple opens, while connecting -IN to common provides an upscale output.

CELSIUS THERMOMETER

The AD594/AD595 may be configured as a stand-alone Celsius thermometer as shown in Figure 13.

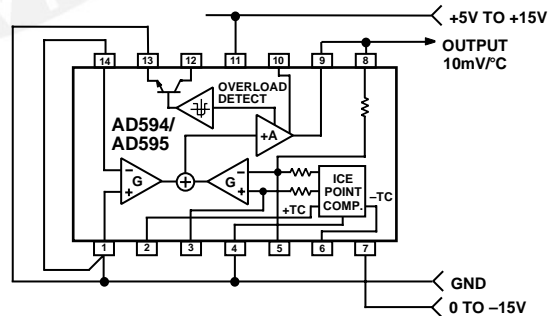


Figure 13. AD594/AD595 as a Stand-Alone Celsius Thermometer

Simply omit the thermocouple and connect the inputs (Pins 1 and 14) to common. The output now will reflect the compensation voltage and hence will indicate the AD594/AD595 temperature with a scale factor of 10 mV/ $^{\circ}C$. In this three terminal, voltage output, temperature sensing mode, the AD594/AD595 will operate over the full military $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$ temperature range.

THERMOCOUPLE BASICS

Thermocouples are economical and rugged; they have reasonably good long-term stability. Because of their small size, they respond quickly and are good choices where fast response is important. They function over temperature ranges from cryogenics to jet-engine exhaust and have reasonable linearity and accuracy.

Because the number of free electrons in a piece of metal depends on both temperature and composition of the metal, two pieces of dissimilar metal in isothermal and contact will exhibit a potential difference that is a repeatable function of temperature, as shown in Figure 14. The resulting voltage depends on the temperatures, T1 and T2, in a repeatable way.

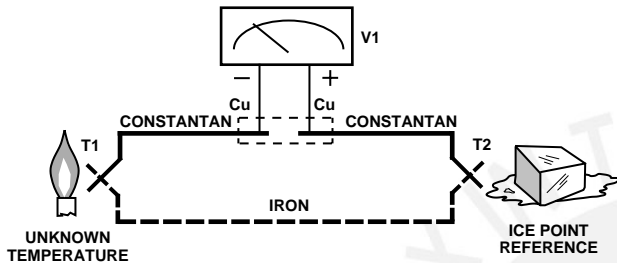


Figure 14. Thermocouple Voltage with 0°C Reference

Since the thermocouple is basically a differential rather than absolute measuring device, a known reference temperature is required for one of the junctions if the temperature of the other is to be inferred from the output voltage. Thermocouples made of specially selected materials have been exhaustively characterized in terms of voltage versus temperature compared to primary temperature standards. Most notably the water-ice point of 0°C is used for tables of standard thermocouple performance.

An alternative measurement technique, illustrated in Figure 15, is used in most practical applications where accuracy requirements do not warrant maintenance of primary standards. The reference junction temperature is allowed to change with the environment of the measurement system, but it is carefully measured by some type of absolute thermometer. A measurement of the thermocouple voltage combined with a knowledge of the reference temperature can be used to calculate the measurement junction temperature. Usual practice, however, is to use a convenient thermoelectric method to measure the reference temperature

and to arrange its output voltage so that it corresponds to a thermocouple referred to 0°C. This voltage is simply added to the thermocouple voltage and the sum then corresponds to the standard voltage tabulated for an ice-point referenced thermocouple.

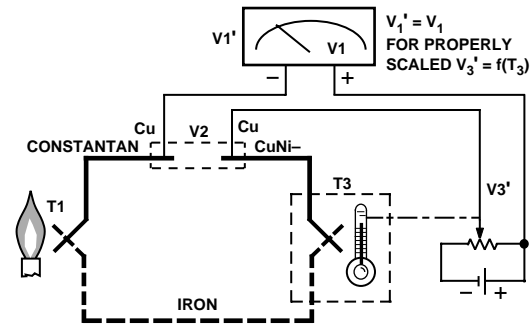


Figure 15. Substitution of Measured Reference Temperature for Ice Point Reference

The temperature sensitivity of silicon integrated circuit transistors is quite predictable and repeatable. This sensitivity is exploited in the AD594/AD595 to produce a temperature related voltage to compensate the reference of “cold” junction of a thermocouple as shown in Figure 16.

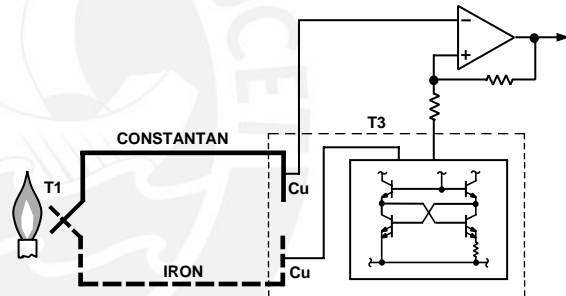


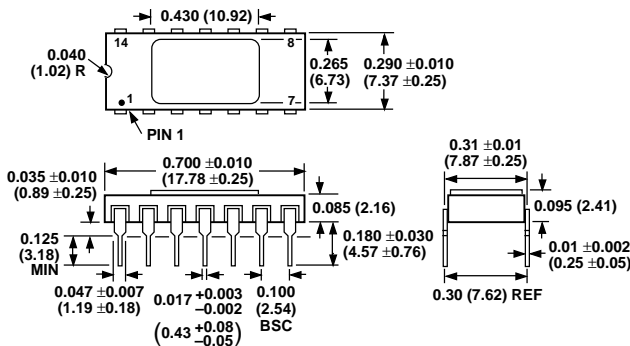
Figure 16. Connecting Isothermal Junctions

Since the compensation is at the reference junction temperature, it is often convenient to form the reference “junction” by connecting directly to the circuit wiring. So long as these connections and the compensation are at the same temperature no error will result.

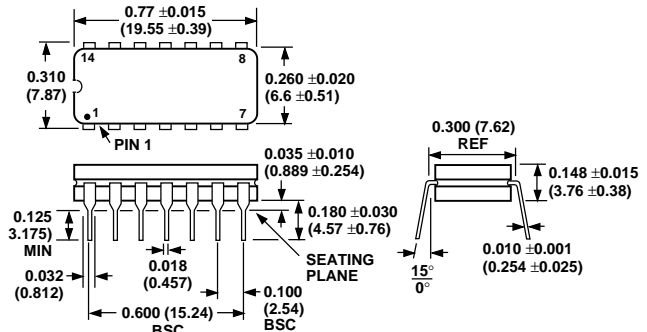
OUTLINE DIMENSIONS

Dimensions shown in inches and (mm).

TO-116 (D) Package



Cerdip (Q) Package



TRANSITION JOINT PROBES AND ACCESSORIES

MODEL TMP - TRANSITION JOINT PROBES



- CHOICE OF 304 SS, INCONEL 600 OR XL SHEATH
- STRIPPED BARE WIRE ENDS
- XL HIGH TEMPERATURE PROBE AVAILABLE
- EASILY ATTACHES TO STANDARD AND MINI STYLE CONNECTORS (SEE ACCESSORIES)
- MEETS OR EXCEEDS SLE AND EN 60584-2: TOLERANCE CLASS 1

GENERAL DESCRIPTION

Model TMPTJ transition joint probes are rugged temperature probes that feature a spring strain relief at the "cold" end of the probe that prevents pinching of the thermocouple wire that can occur in certain applications. These versatile probes come in a variety of sheath diameters and materials. The probes are standard 12" long transitioning to 40" of wire with exposed leads.

SPECIFICATIONS

1. **SHEATH:** Constructed of 304 stainless steel, Inconel 600, or XL (High Temperature Probe)
2. **SHEATH DIAMETER:** 1/16" or 1/8"
3. **PROBE LENGTH:** 12" Ungrounded junction.
4. **CONNECTOR BODY:** Glass Filled Nylon, rated to 260 °C.
5. **WIRE INSULATION:** Neoflon PFA
6. **LEAD LENGTH:** 40" (1 meter) with stripped ends

ORDERING INFORMATION

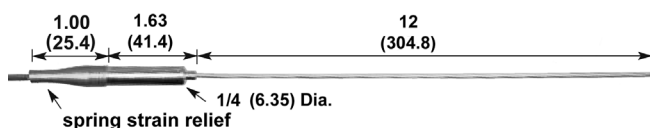
DESCRIPTION	ANSI TYPE TC	SHEATH MATERIAL	SHEATH DIAMETER INCHES	UPPER TEMP GUIDELINES °C (°F) TC JUNCTION	PART NUMBER
TRANSITION JOINT PROBES	K	INCONEL 600	1/16	921 (1690)	TMPKTJ01
	K	INCONEL 600	1/8	1071 (1960)	TMPKTJ02
	K	304 SS	1/16	899 (1650)	TMPKTJ03
	K	304 SS	1/8	899 (1650)	TMPKTJ04
	K	XL	1/8	1038 (1900)	TMPKTJ05
	K	XL	1/16	1149 (2100)	TMPKTJ06

* XL probes have a very low drift and are for use in high temperature applications up to 1335 °C.



Do not dispose of unit in trash - Recycle

DIMENSIONS In inches (mm)



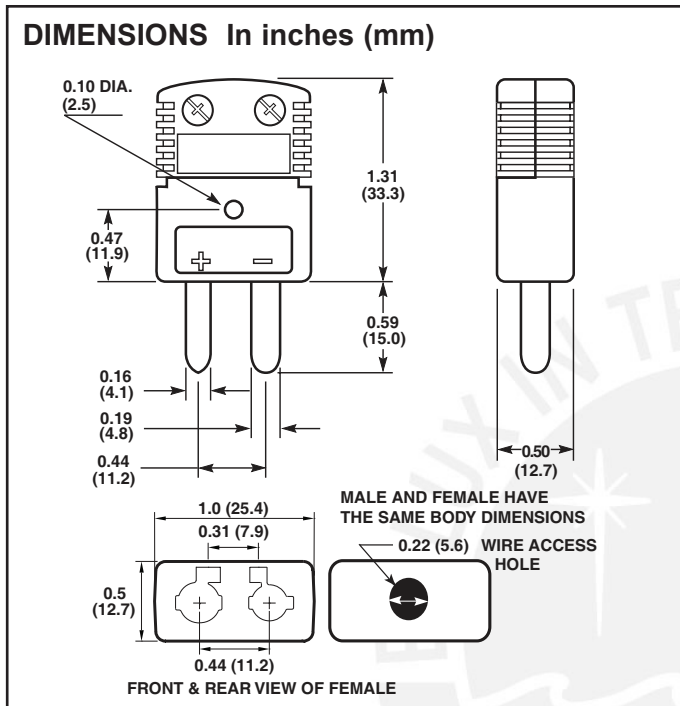
Note: Probe supplied with 1M (40") cable

ACCESSORIES

MODEL TMPCN - QUICK DISCONNECT STANDARD CONNECTORS

GENERAL DESCRIPTION

Standard Connectors are for use with the Standard Quick Disconnect TC Probes. They are available in both male and female termination, and include a "write on label" for easy identification. The female standard connector is a universal connector, meaning it can be used to terminate male versions of both the standard and miniature connector.



SPECIFICATIONS

- CONNECTOR BODY MATERIAL:** Glass Filled Nylon, for temperature ranges of -29 to 220° C. (-20 to 428 °F)
- CONNECTOR BODY COLOR:** ANSI color coded
- WIRE GAGE:** Accepts stranded or solid wire up to 14 AWG
- WIRE TERMINATION:** Combination Phillips/Slot Screws

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TYPE	TERMINATION	PART NUMBER
STANDARD CONNECTOR	K	MALE	TMPCNS01
		FEMALE	TMPCNS02
	T	MALE	TMPCNS03
		FEMALE	TMPCNS04
	E	MALE	TMPCNS05
		FEMALE	TMPCNS06
	J	MALE	TMPCNS07
		FEMALE	TMPCNS08

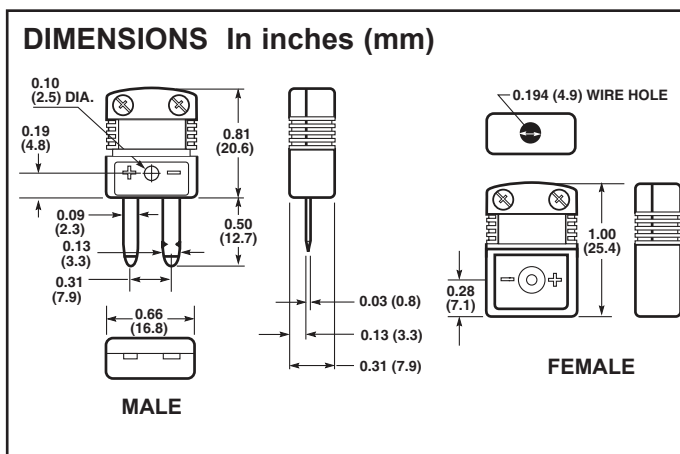


Do not dispose of unit in trash - Recycle

MODEL TMPCN - QUICK DISCONNECT MINIATURE CONNECTORS

GENERAL DESCRIPTION

Miniature Connectors are for use with the Miniature Quick Disconnect TC Probes. They are available in both male and female termination, and include a "write on label" for easy identification.



SPECIFICATIONS

- CONNECTOR BODY MATERIAL:** Glass Filled Nylon, for temperature ranges of -29 to 220° C. (-20 to 428 °F)
- CONNECTOR BODY COLOR:** ANSI color coded
- WIRE GAGE:** Accepts stranded or solid wire up to 20 AWG
- WIRE TERMINATION:** Combination Phillips/Slot Screws

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TYPE	TERMINATION	PART NUMBER
MINIATURE CONNECTOR	K	MALE	TMPCNM01
		FEMALE	TMPCNM02
	T	MALE	TMPCNM03
		FEMALE	TMPCNM04
	E	MALE	TMPCNM05
		FEMALE	TMPCNM06
	J	MALE	TMPCNM07
		FEMALE	TMPCNM08



Do not dispose of unit in trash - Recycle