



Viabilidad y diseño de un equipo capaz de transformar la energía cinética de un río de llanura en energía eléctrica

**Federico Capponi
Yamil Ezequiel Nahel**

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2022

Viabilidad y diseño de un equipo capaz de transformar la energía cinética de un río de llanura en energía eléctrica

**Federico Capponi
Yamil Ezequiel Nahel**

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al
título de:

Ingeniero Mecánico

Director/a:

Ing. Pedro Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2022

Dedicatoria

A nuestras familias, nuestros padres, y amigos por tanta ayuda y apoyo en este camino.

Resumen

En el presente trabajo se elabora un procedimiento de selección de la tecnología a utilizar en zonas que prestan una potencia hidrocínética significativa. Mayormente en las zonas costeras al río Paraná se encuentran con necesidades energéticas que incluyen un alto costo por los medios actuales de generación, esto indica que la extracción de energía renovable presente en canales naturales o artificiales es una alternativa novedosa e indispensable en estos tiempos.

El desarrollo de este trabajo describe el cálculo y diseño de una turbina hidrocínética, para abastecer a una vivienda promedio. La turbina es de tipo Gorlov de tres alabes los cuales tiene un perfil tipo NACA y se encuentran dispuesto con una distribución de 120° lo cual hace efectivo el giro continuo del roto cuyo diámetro es de aproximadamente 1m. Este rotor se dispone en una posición horizontal respecto al lecho de río y sumergido en su totalidad vinculado mediante brazos al flotador.

La correa realiza la transmisión de torque al generador de imán permanente con una capacidad de producción de 2000w de potencia máxima, el cual se encuentra alojado dentro del flotador.

La turbina se encuentra sujeta mediante cadena al fondo del río gracias a un fondeo de hormigón armado para mantenerla en posición, soportando esfuerzo de arrastre por corriente, empuje por vientos y de flotabilidad.

La corriente generada es conducida a un controlador el cual deriva las baterías o entrega directamente a la carga. Las baterías aportan al sistema cuando hay picos de consumo o no hay generación de corriente.

Palabras clave: Turbina, Alabes, Velocidad del río, Potencia Eléctrica.

Abstract

In the present work, a procedure for selecting the technology to be used in areas that provide significant hydrokinetic power is elaborated. Mostly in the coastal areas of the Paraná River they find energy needs that include a high cost through current means of generation, this indicates that the extraction of renewable energy present in natural or artificial channels is a novel and indispensable alternative in these times.

The development of this work describes the calculation and design of a hydrokinetic turbine, to supply an average house. The turbine is of the Gorlov type with three blades which have a NACA style and are arranged with a distribution of 120° which makes effective the continuous rotation of the rotor whose diameter is 1m. This rotor is arranged in a horizontal position with respect to the river bed and is submerged in its entirety linked by arms to the float. Through a belt, the torque is transmitted to the permanent magnet generator with a production capacity of 2000w of power, which is housed inside the float.

The turbine is attached to the bottom of the river thanks to a reinforced concrete mooring that is linked to the turbine with chains to keep it in position, withstanding the effort of current drag, wind thrust and buoyancy.

The generated current is conducted to a controller which bypasses the batteries or delivers directly to the load. The batteries contribute to the system when there are consumption peaks or there is no current generation.

Keywords: Turbine, Blades, River Speed, Electric Power.

Contenido

Resumen.....	4
Abstract	5
Introducción	8
Objetivos	8
Alcance.....	9
Antecedentes.....	10
Situación actual.....	10
Contexto Mundial	10
Energía Hidroeléctrica.....	11
Capítulo 1 - Estudio y análisis de turbinas.....	12
Marco teórico.....	12
Tipo de mini centrales hidráulicas	12
Turbinas hidrocínéticas. Conceptos y tipos	13
Requisitos de diseño	16
Condiciones de partida.....	16
Condiciones de uso.....	17
Necesidades dimensionales.....	17
Necesidades estructurales	17
Necesidades de mantenimiento	17
Necesidades de montaje y desplazamiento	18
Descripción del diseño propuesto	18
Análisis de tecnología.....	18
Turbina Darrieus	18
Turbina Gorlov	20
Capítulo 2 - Cálculos y diseños técnicos	23
Cálculo de potencia	23
Potencia disponible en el Río Paraná.....	23
Perfil de velocidades del Río Paraná.....	24
Potencia eléctrica requerida	25
Potencia Turbina - Río.....	26
Ley de Betz aplicada a las turbinas hidrocínéticas	26
Diseño y especificaciones del rotor.....	31
Número de alabes	31
Solidez	32
Alabes: Perfil.....	32
Alabes: Cuerda de Perfil	33
Alabes: Angulo de Ataque	34
Alabes: Angulo de paso.....	36
Fuerza de sustentación, de arrastre y velocidad de giro	38
Fuerza de sustentación	38
Fuerza de arrastre.....	39
Velocidad de giro.....	39
Modelación y selección de los materiales del rotor	42
Fabricación de los alabes.....	44

Estructura rotor	45
Estudio de morfología	46
Transmision de Potencia	49
Selección del tipo de transmisión	49

Introducción

En zonas rurales costeras a los ríos, donde viven y habitan una población menor, pero con necesidades básicas es poco factible o muy costoso la provisión y generación de energía eléctrica.

Como consecuencia de esta situación y desde el punto de vista del abastecimiento de energía eléctrica en áreas rurales, gran parte de esta población no se beneficia.

Las fuentes de energía básica que habitualmente se utilizan son la leña, que se utiliza para cocción de alimento y calefacción. En lo que requiere a iluminación se utilizan velas, mecheros a kerosene, lámpara de gas. Y la más costosa y negativa en relación al cuidado del medio ambiente es la generación por medio de generadores eléctricos quemando combustibles fósiles como nafta o Gasoil.

De esta manera surge la idea del uso de la corriente de ríos, que no es una idea o propuesta innovadora ya que hace años que se utilizan, pero no a baja escala y con diseños propios de cada aplicación y condiciones de río.

Objetivos

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una turbina hidrocínética a la cual acoplar un generador de energía eléctrica para abastecer establecimientos que se encuentran a orillas de ríos de llanura. Para ello se utilizaría la energía cinética proporcionada por este tipo de ríos.

Este propósito surge en virtud de la situación actual que viven algunas zonas donde aún predomina el uso de materiales fósiles para la producción de energía por ausencia del tendido eléctrico. En consecuencia, se produce un enorme desequilibrio ambiental.

Luego de analizar los diversos sistemas de energías renovables, como la eólica, solar, entre otras, el uso de estas advierte desventajas frente a una fuente de energía renovable como la que nos proporcionaría un río. Por lo tanto, nuestra meta es contribuir con un equipo que transforme la energía cinética de un río de llanura en energía eléctrica.

Con este mecanismo habrá un aprovechamiento de la energía proporcionada por los ríos, al igual que sucede con las grandes centrales hidroeléctricas, pero por supuesto en menor escala. Siempre que las condiciones del río lo permitan y sean afines a las

características del diseño de la turbina, será ventajoso / rentable para ser utilizada en viviendas familiares, cabañas, campings, etc.

Alcance

La turbina hidrocínética formará parte de un sistema más complejo, compuesto por generador eléctrico, inversor híbrido de corriente y banco de baterías. Este conjunto fue analizado y pensado como un sistema capaz de suministrar energía eléctrica minimizando la complejidad de sus partes y maximizando la capacidad tecnológica en conjunto, con este sistema buscamos:

- Menor cantidad de baterías.
- Reducir las dimensiones de la turbina.
- Equipo modular y de menor complejidad estructural.

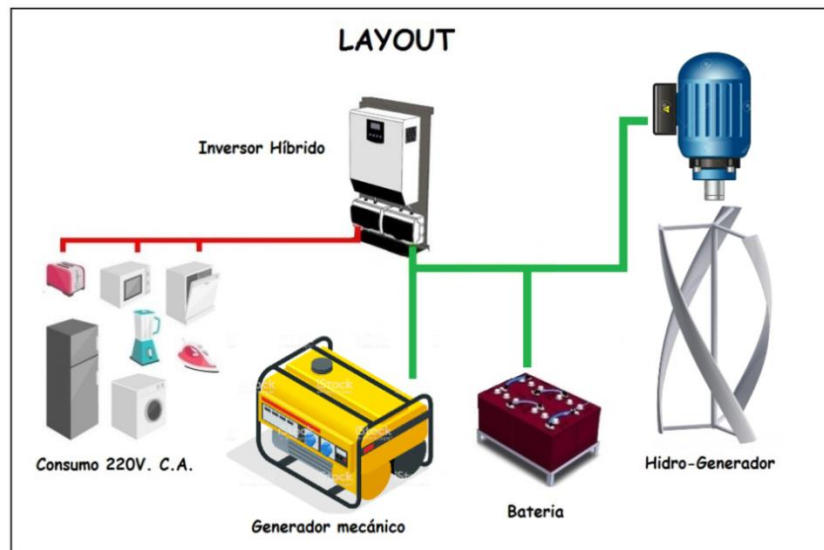


Figura: Layout Propuesto

La turbina abastecería el consumo eléctrico del establecimiento y en recargar la/s batería/s cuando la demanda eléctrica sea inferior a la potencia máxima de la turbina, otra situación es la de alto consumo eléctrico donde exigirá potencia a las baterías cuando la de la turbina sea insuficiente y por último, ante situaciones de mantenimiento preventivo o correctivo, el sistema dispondría de toma de potencia de las baterías o de ser necesario, de un sistema estacionario como puede ser un generador mecánico a explosión.

Por tanto, el alcance en este proyecto consistirá en los siguientes puntos:

- Cálculo de consumo de potencia eléctrica.
- Diseño de la turbina hidrocínética.
- Diseño de la estructura soporte de la turbina y el tren de potencia.
- Dimensionamiento de la estructura del equipo y flotabilidad.
- Selección del equipo generador y de control.

Antecedentes

Situación actual

Hoy en día las energías renovables han dejado de ser tecnologías caras y minoritarias para ser plenamente competitivas y eficaces de cara a cubrir las necesidades de la demanda. Dentro de estas energías renovables se encuentra la energía hidroeléctrica, como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona. Se denominan mini centrales hidroeléctricas a aquellas instalaciones de potencia instalada inferior a 10 MW.

Contexto Mundial

El actual sistema energético a nivel mundial está basado en la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral y el gas. La generación de energía a partir de estas materias está siendo ampliamente replanteada por varias razones: son recursos limitados que se encuentran en puntos concretos del planeta, su uso a gran escala está provocando graves efectos sobre el medio ambiente

y la salud de los seres humanos, y se están agotando las reservas naturales comprometiendo el futuro de las nuevas generaciones.

La ciudadanía está cada vez más concienciada sobre la necesidad de proteger el medio ambiente y emplear métodos no contaminantes de producción de energía. Esto se debe en parte al amplio consenso alcanzado en la comunidad científica internacional sobre la existencia del cambio climático.

Energía Hidroeléctrica

La producción anual media de energía hidroeléctrica a nivel mundial es de 2.600 TWh, lo que representa aproximadamente el 19% del total de la energía eléctrica producida. La potencia hidroeléctrica instalada en todo el mundo asciende a 700 GW.

La energía hidroeléctrica es la primera de todas las energías renovables, no solamente desde un punto de vista cronológico, sino también cuantitativo: su potencia instalada y su producción a nivel mundial, son superiores a las de otras fuentes renovables.

Según datos de 2017 de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), la potencia total de las plantas hidroeléctricas en el mundo ha alcanzado los 1.153,911 GW, casi el 53% del total de las fuentes renovables. En otras palabras: la energía hidroeléctrica tiene un peso mayor respecto a la suma de todas las demás energías renovables. Las estadísticas sobre generación de electricidad son mucho más elocuentes: el informe de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés), revela que la producción eléctrica en 2017 ha alcanzado los 4.109,44 TWh, cerca del 65% de la electricidad renovable en el mundo y un 16% del total. En algunos países es casi la única fuente, como por ejemplo en Noruega, donde el 99% de la electricidad es producida por energía hidroeléctrica. La previsión para el futuro es que llegue a ser el doble: la hipótesis de IEA es que, en 2050, la potencia llegará a ser de 2.000 GW y que la producción anual superará los 7.000 TWh.

Capítulo 1 - Estudio y análisis de turbinas

Marco teórico

Las turbinas hidrocínéticas constituyen una forma muy útil de aprovechar la energía de canales abiertos de agua, de las mareas o de sitios donde no existe una represa o dique. Este tipo de turbinas han tenido un significativo avance en los últimos años con el desarrollo de nuevos modelos y la ayuda de la simulación por computadora, lo que ha permitido el desarrollo de nuevas e innovadoras turbinas con un incremento en su rendimiento y su aplicabilidad.

Estas turbinas junto a sus sistemas asociados constituyen una fuente de energía renovable, de relativo bajo costo y amigable con el medio ambiente.

Tipo de mini centrales hidráulicas

Las centrales hidroeléctricas, y dentro de ellas las mini centrales hidroeléctricas, están condicionadas por las características del lugar donde vayan a ser ubicadas. Hay que tener en cuenta la topografía del terreno que influye en la obra civil como la selección de la maquinaria.

Según el emplazamiento se realiza la siguiente clasificación general:

- Centrales de agua fluyente: Recogen una parte del caudal del río, lo trasladan hacia la central y una vez utilizado, se devuelve al río.
- Centrales de pie de presa: Situadas por debajo de los embalses destinados a usos hidroeléctricos o a otros usos, aprovechando el desnivel creado por la propia presa.
- Centrales en canal de riego o de abastecimiento: Se dan 2 casos, las que utilizan el desnivel existente en el propio canal o las que aprovechan el desnivel existente entre el canal y el curso de un río cercano.

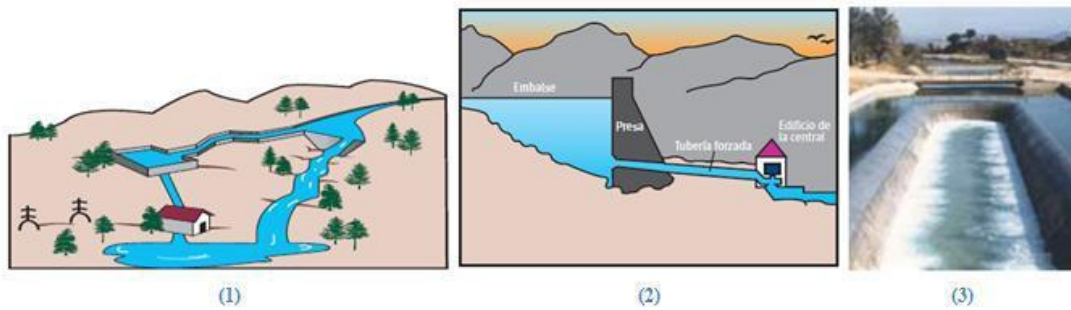


Figura 1-1: Central de agua fluyente (1); Central de pie de presa (2); Central en canal de riego (3) [1]:

Dentro de este grupo de mini centrales hidroeléctricas, podríamos sacar una nueva “rama” en la que entrarían los equipos de turbinas hidrocinéticas. Básicamente tienen el mismo proceso mecánico para la producción energética, salvo la diferencia de que las mini centrales hidroeléctricas aprovechan la energía potencial y cinética asociada a la diferencia de desniveles existente entre dos puntos, mientras que las turbinas hidrocinéticas están diseñadas para aprovechar solo la energía cinética de la corriente de las aguas de los ríos. Sin embargo, ambos métodos tratan de obtener la energía del flujo para transformarla primero en energía mecánica, que luego activa el generador eléctrico consiguiendo que esa energía mecánica se convierta en energía eléctrica.

Turbinas hidrocinéticas. Conceptos y tipos

El proceso de conversión de energía hidrocinética consiste en la utilización de la energía cinética contenida en las corrientes de los ríos para la generación de electricidad. Este tipo de tecnología de energía renovable está teniendo cada vez mayor repercusión como una solución única y poco convencional dentro de los recursos hídricos, tanto en los ríos como en la mar.

En comparación con las mini centrales hidroeléctricas convencionales, así como las centrales hidroeléctricas, donde la fuente de energía se obtiene mediante obras civiles (diques, presas o compuertas); las turbinas hidrocinéticas no necesitan de obras civiles para acondicionar las zonas de trabajo, por lo que supone una gran ventaja medioambiental y económica no tener que alterar la vía natural de la corriente de agua.

En lo que se refiere al campo de las corrientes marinas (no es cuestión de nuestro proyecto, pero debemos hacer mención), esta tecnología se puede realizar con el conjunto de varias unidades contiguas, consiguiendo extraer grandes cantidades de energía debida a las corrientes marinas.

Como se trata de un método energético emergente, existe una ambigüedad en la definición de los tipos de tecnología. Hasta la actualidad, la clasificación más orientativa es la siguiente:

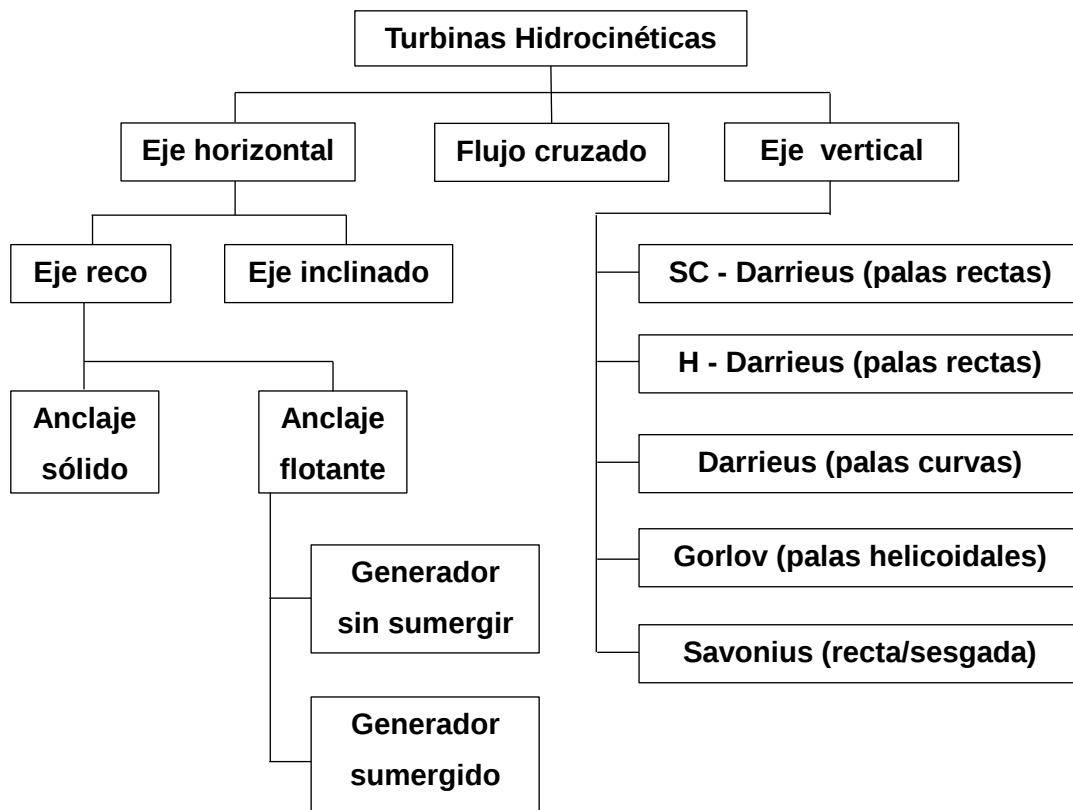


Figura 1-2: Esquema de clasificación de las turbinas hidrocinéticas. [2]:

Las turbinas de flujo axial tienen su eje de rotación paralelo a la dirección de la corriente, empleando rodets tipo hélice. Varias disposiciones de este tipo de turbinas se muestran en la figura [1-3]

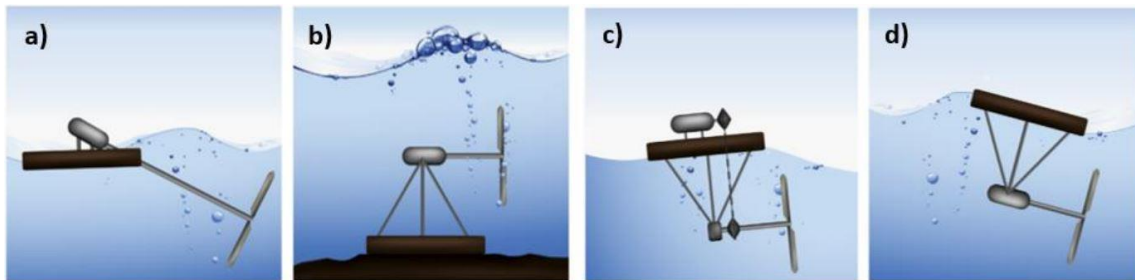


Figura 1-3: a) eje inclinado, b) amarre rígido, c) generador no sumergido y d) generador sumergido [3]:

Por otra parte, las turbinas hidrocínéticas de flujo cruzado o transversal tienen su eje de rotación perpendicular a la dirección del flujo de agua y pueden operar sin importar la dirección del mismo. Pueden clasificarse en dos tipos. El primero de ellos lo componen las turbinas de eje horizontal en disposición transversal, ver Figura 1-4 a, las cuales tienen su principio de funcionamiento en la fuerza de arrastre y presentan un rendimiento inferior a las de eje vertical. El segundo tipo, constituido por las turbinas de eje vertical ver Figura 1-4 b, Figura 1-4 c, Figura 1-4 d, Figura 1-4 e y Figura 1-4 f, fundamentan su funcionamiento en la fuerza de sustentación, siendo muy utilizadas en aplicaciones hidroeléctricas, gracias a las ventajas ofrecidas con respecto a las turbinas de eje horizontal en disposición transversal. Sin embargo, presentan un diseño y comportamiento hidráulico más complejo.

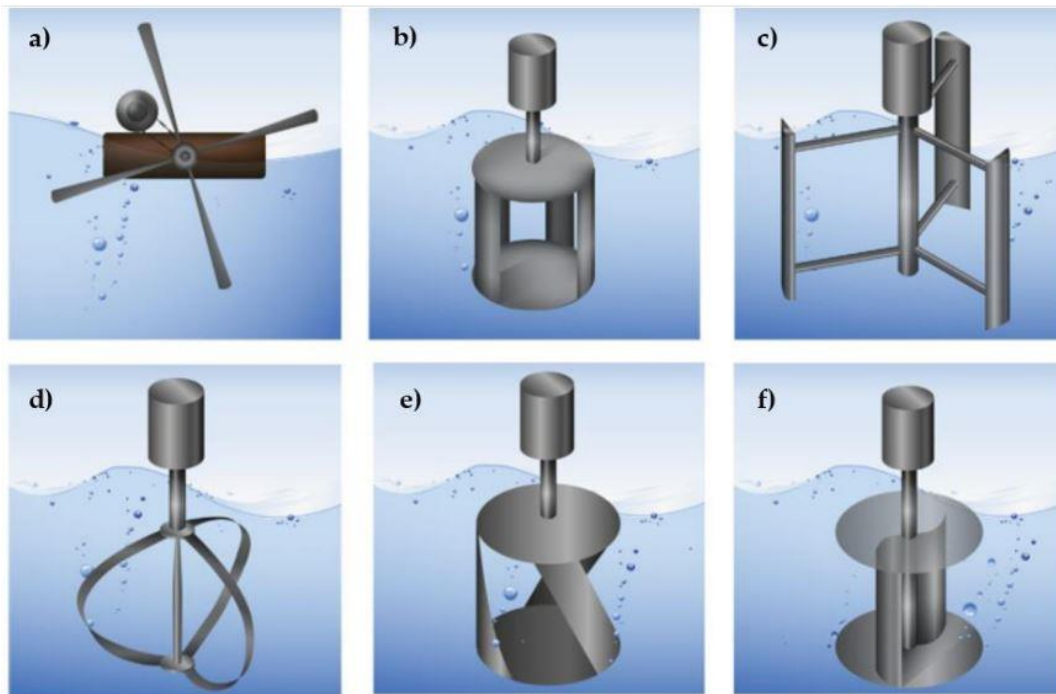


Figura 1-4: a) eje horizontal, b) jaula de ardilla Darrieus, c) H-Darrieus, d) Darrieus, e) Gorlov y f) Savonius [3]:

Requisitos de diseño

Los requisitos de diseño del equipo que hemos decidido son los que se enumeran a continuación:

Condiciones de partida

Las ideas principales partían de realizar un equipo que pudiera abastecer parcial o totalmente una vivienda, cabaña, granja, etc., como ya hemos comentado anteriormente. Por lo que calculamos una potencia media aproximada de consumo, unas dimensiones determinadas del equipo y un río con unas condiciones adecuadas donde la turbina pueda extraer la potencia solicitada. Posteriormente realizaríamos la comprobación de dichos datos de partida del río en concordancia con la turbina que planteamos.

Condiciones de uso

Nuestro objetivo predominante es que nuestro equipo se trate de una herramienta de apoyo para autoabastecer establecimientos que fácilmente podrían emplear técnicas de energías renovables, tales como mini aerogeneradores eólicos, placas solares fotovoltaicas, etc. Por tanto, se trataría de un complemento energético, y si en el caso de que tuviéramos un establecimiento que no requiere elevadas fuentes de energía, pues perfectamente podría abastecer dicho establecimiento (siempre que el rango de potencia este dentro del que produce la turbina hidrocínética).

Necesidades dimensionales

Respecto a las dimensiones del equipo, tenemos como objetivo que no sean de valores muy elevados como las que hay actualmente en el mercado, claro está, siempre que se cumpla las condiciones de trabajo marcadas en el **ALCANCE**

Necesidades estructurales

Se buscará que el diseño soporte las condiciones de contorno del río, mantenga los componentes de la maquinaria sólida a las zonas de trabajo (ejes, reductora, generador, carcasa, palas, flotador, etc.) y emplear los materiales más ligeros y duraderos para no exceder demasiado en el peso del equipo.

Necesidades de mantenimiento

A la hora de realizar el diseño tenemos como prioridad emplear materiales de calidades duraderas, en la medida de lo posible, con la finalidad de no hacer un mantenimiento excesivo de la maquinaria, salvo la sustitución o el arreglo que conlleva cada componente (rodamientos, retenes, juntas teóricas, etc.), sustitución de los materiales de estanqueidad, así como de los imprevistos mecánicos.

Necesidades de montaje y desplazamiento

Para el montaje y el desplazamiento de la turbina hidrocínética en el establecimiento se pensará en realizar un equipo modular cuyo ensamble no requiera de grandes conocimientos técnicos ni necesidad de equipos auxiliares.

Descripción del diseño propuesto

Los pasos iniciales del proyecto consistieron en plantear diversos prototipos basándonos en las características que queríamos que tuviera nuestra turbina hidrocínética. Estas ideas se enumeran a continuación:

- Similitud con los mini aerogeneradores eólicos. En referencia al generador eléctrico y las características de uso (potencia para autoabastecimiento)
- Turbina del tipo eje horizontal con sistema de anclaje diversos y generador no sumergido.
- El generador eléctrico sería del tipo de imanes permanentes por las prestaciones que posteriormente nombraremos.

Análisis de tecnología

Habiendo realizado un análisis previo del tipo de turbina que se requiere, vamos a entrar en detalles sobre las tecnologías de turbinas de eje vertical disponibles examinando sus potencialidades y limitaciones, las turbinas de eje vertical consideradas para aplicaciones en estos canales son dos:

Turbina Darrieus

Es una turbina de eje vertical, patentada por el francés Georges Darrieus en 1926. Esta fue utilizada como turbina de viento, pero se han desarrollado modelos para mareas y canales, considerando cambios en su solidez, la misma que se define como la relación entre la longitud de la cuerda y el número de álabes, dividido por el diámetro de la turbina (ver Ecuación (1.1)).

$$\sigma = \text{solidez} = \frac{n \times C}{\pi \times d} = \frac{n \times C}{\pi \times 2 \times R} \quad (1.1)$$

donde:

n = número de álabes

C = longitud de la cuerda[12]

d = diámetro de la turbina

R = radio de la turbina



Figura 1-5: Esquema de los álabes rectos de una turbina Darrieus [4]:

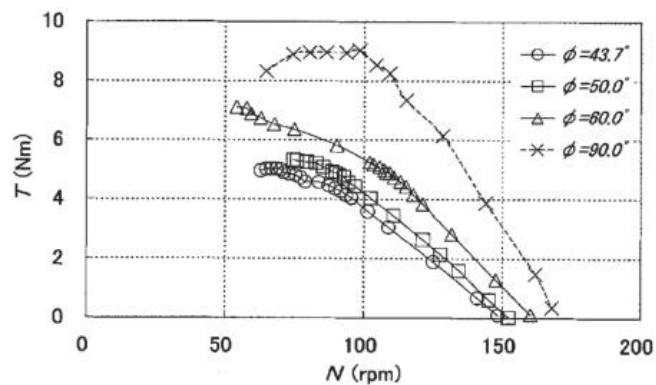


Figura 1-6: Torques a diferentes velocidades y ángulos de inclinación de los álabes [5]:

Pueden instalarse en forma horizontal o vertical, según algunos autores en la posición horizontal tienen un alto torque y una mayor eficiencia.

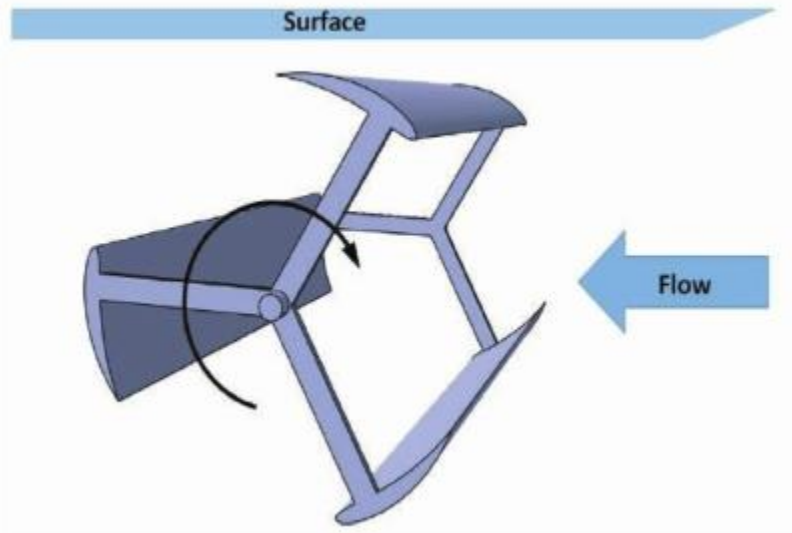


Figura 1-7: Turbina Darrieus en forma horizontal bajo la superficie del agua [4]:

Sin embargo, al tener esta turbina la distribución de los álabes rectos, necesita un torque inicial o de arranque, lo que se minimiza con álabes helicoidales. Su rotación de tipo pulsante produce vibración en los álabes y la estructura, con las consecuentes fatigas del material a mediano plazo.

Turbina Gorlov

Esta turbina fue inventada por Alexander Gorlov entre 1996 – 1998 y consiste en una hélice helicoidal dentro de una estructura. Clasificada dentro de las turbinas verticales, su eje puede ser horizontal o vertical pero siempre perpendicular al flujo como se muestra en la figura. Una de sus grandes ventajas es que una porción de las aspas por su forma helicoidal, siempre se posiciona perpendicularmente a la dirección de flujo de agua y por lo tanto la energía cinética del flujo es aprovechada más eficientemente. Otra de sus características debido a los álabes helicoidales, tiene una mayor capacidad de auto arranque y al mismo tiempo se reducen las fluctuaciones de torque, menor vibración y menor esfuerzo mecánico en sus componentes.

Se considera una turbina de empuje que puede alcanzar velocidades hasta 3600 rpm con bajos niveles de agua (0.40 – 0.70m), por lo que resulta conveniente para generar electricidad en ríos de poca profundidad. Esta turbina de diseño simple y fácil construcción, ha demostrado ser un dispositivo eficiente en aerogeneradores. En los casos de implementarlo en los ríos se pueden apilar para tener una mayor potencia y garantizando un bajo impacto ambiental ya que por el ángulo y distancia entre sus paletas es posible el paso de peces sin afectar su tránsito.



Figura 1-8: Esquema de los álabes helicoidales de una turbina Gorlov [4]:

Esta clasificación permite seleccionar el tipo que mejor se adapte a cada necesidad. Muchos de estas turbinas han sido desarrollados para aplicaciones eólicas.

Para este caso particular se optó por el uso de una turbina hidrocínética tipo GORLOV de eje horizontal tomando en consideración los siguientes criterios:

- Fuente de energía disponible.
- Dificultad tecnológica.
- Costo.
- Desarrollo de nuevas aplicaciones.
- Impacto ambiental.

La fuente de energía disponible es el río Paraná. Esto determina algunas restricciones: baja velocidad del fluido, que sea auto arrancable y que no necesite una estructura muy complicada.

La dificultad tecnológica es otra restricción, se desea una turbina confiable pero que su nivel de desarrollo no implique altos costos de mantenimiento.

El desarrollo de nuevas aplicaciones es una condición determinante al momento de escoger la turbina y el sistema de conversión de energía. El objetivo de este proyecto es determinar la viabilidad técnica y económica de una turbina hidrocínética.

El impacto ambiental no es un tema menor, para este caso en particular se debe analizar la acción de las aspas ante la presencia de peses.

Capítulo 2 - Cálculos y diseños técnicos

Cálculo de potencia

Potencia disponible en el Río Paraná

Para realizar una estimación de la energía que, en forma teórica, sería capaz de suministrar el río vamos a partir de la ecuación de la energía cinética y a considerar la relación entre la energía propia del río y el área que lo enfrenta para captar dicha energía.

La energía cinética del río debido al desplazamiento uniforme y unidireccional (suposición) de la masa de agua, con una velocidad V es:

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \quad (2.1)$$

donde:

$m = \text{masa de agua [kg]}$

$v = \text{Velocidad de la corriente [m/s]}$

A su vez esta masa de agua se puede expresar como

$$m = \rho \times V \quad (2.2)$$

donde:

$\rho = \text{densidad del agua} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$V = \text{volumen del prisma conformado por el tamaño de la turbina} = A \times L [\text{m}^3]$

donde:

$A = \text{area de barrido o choque de la corriente en alusion al tamaño del rotor} [\text{m}^2]$

$L = \text{longitud del prisma en alusion al diámetro del rotor} [\text{m}]$

A su vez L se descompone en función de la velocidad del río y el tiempo en seg.

$$L = v \times t \quad (2.3)$$

Ahora reemplazando las ecuaciones (2.2) y (2.3) en la ecuación (2.1) tenemos:

$$E_c = \frac{1}{2} \times A \times v \times t \times \rho \times v^2 = \frac{1}{2} \times A \times t \times \rho \times v^3 \text{ [Joule]} \quad (2.4)$$

Finalmente, la potencia teórica extraída del río queda expresada como:

$$P = \frac{E_c}{t} = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times v^3 \left[\frac{\text{Joule}}{\text{seg}} \right] = [\text{Watt}] \quad (2.5)$$

La ecuación (2.5) de potencia nos presenta dos valores a definir, uno de ellos es la velocidad del río y el otro es área de la turbina que quedaría definido por el tamaño de la misma.

Perfil de velocidades del Río Paraná

No existe un registro completo y detallado del perfil de velocidades del río Paraná en toda su extensión donde se emplazan las viviendas que podrían disponer de estos equipos. Por ello se extraerán datos de una zona conocida como lo es la desembocadura del arroyo Ludueña (km 426.2) cuya información proviene de un estudio realizado en el año 2004, durante el cual se hizo el relevamiento de las velocidades del río en todo su ancho y su profundidad en la zona entre el límite norte de la ciudad de Rosario hasta aguas poco más debajo de la desembocadura del arroyo Ludueña con el propósito de determinar las causas de la gran erosión acontecida en la ribera de la isla “La invernada”.

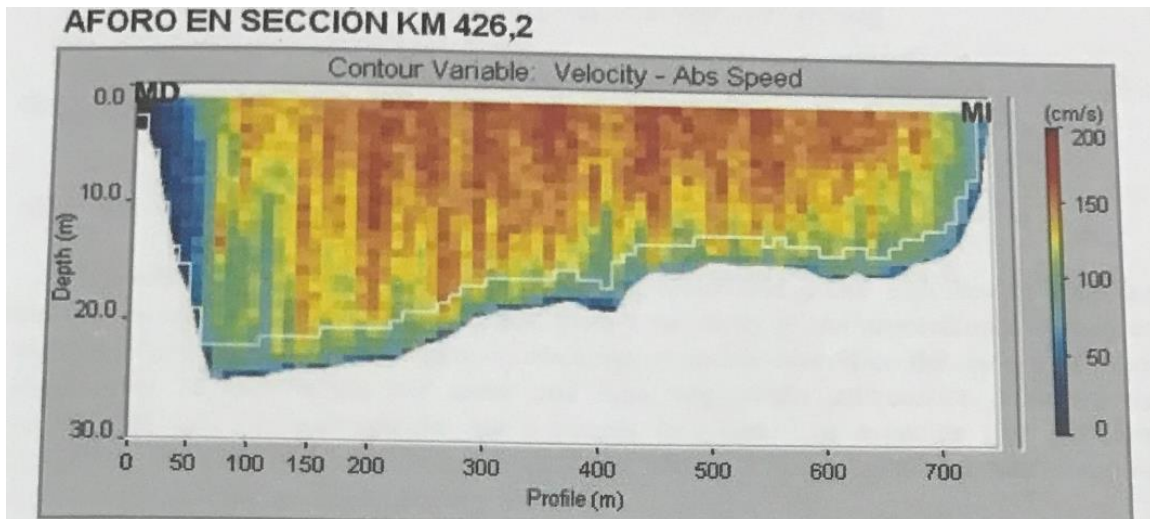


Figura 2-1: Representación gráfica del perfil de velocidades en función del ancho y la profundidad del río [6]:

A partir de la gráfica del perfil de velocidades podemos obtener velocidades que rondan los 2 m/s, pero más sobre las costas, estas velocidades se encuentran en el orden de 1,2 m/s la cual será nuestra velocidad de diseño.

Potencia eléctrica requerida

Tabla 2-1: Tabla de consumo eléctrico promedio de una vivienda [7].

Artefacto Eléctrico	Cantidad	Consumo (W)	Horas de funcionamiento por día (hs)	Potencia por día (Wh/día)
Bomba agua ½ hp	1	340	1	340
Heladera con freezer	1	200	24	2160
Lámpara Led 11W Exterior	2	11	12	264
Lámpara Led 9W	4	9	12	432
Lámpara Led 5W	2	5	12	120
Radio	1	15	8	105
Televisor LED 24"	1	40	5	200
Ventilador Pie Comedor	1	90	8	720
Ventilador Techo Dormitorio 1	1	60	9	540
Ventilador Techo Dormitorio 2	1	60	9	540
CONSUMO TOTAL				5421 Wh-

Se debe de generar mínimo 5421 W-h/día para una vivienda equipada con los artefactos eléctricos de la tabla anterior. Si se asume un uso continuo del equipo generador de 24 horas al día se tendría que la potencia que debe entregar el sistema es 225 Watts.

Este valor es la potencia de salida del sistema que proponemos, por lo cual al mismo se le debe afectar la eficiencia de los diferentes componentes del sistema (ver Ecuación (2.6)):

- Generador eléctrico 0.8 a 0.95
- Transmisión mecánica sistema planetario con relación inferiores a 10, 0.85 a 0.9

$$P_{gen} = \frac{225}{0,85 \times 0,9} \cong 294 \text{ W (2.6)}$$

Potencia Turbina - Río

Ya que la finalidad del rotor hidrocínético es la de convertir el movimiento del agua en energía rotacional, se usan básicamente los mismos principios teóricos de las turbinas eólicas. Dentro de la información más importante está el análisis de la eficiencia de las turbinas eólicas realizado por Betz en el año 1921

Ley de Betz aplicada a las turbinas hidrocínéticas

“Si se intenta extraer con un aerogenerador la energía del viento, se verá que su velocidad disminuye al traspasar la máquina, dado que el rotor de la turbina eólica debe frenar el viento para transformar su energía cinética en rotacional”, de igual manera se aplica a la energía que contiene una masa en movimiento como el agua en un río, en canales abiertos y corrientes de las mareas.

“El rendimiento ideal de un aerogenerador de hélice sin fricción fue predicho por A. Betz en 1920 empleando el modelo mostrado en la Figura 2.2. La hélice se representa mediante un disco imaginario que produce un salto de presiones a través del plano de

la hélice, que tiene un área A y donde la velocidad local del fluido es U . El viento se representa mediante un tubo de corriente con una velocidad de entrada U_1 y una velocidad de salida U_2 . La presión aumenta hasta p_b inmediatamente antes del disco y cae hasta p_a inmediatamente después, volviendo a recuperar la presión de la corriente libre en la estela aguas abajo. Como se muestra en la figura, para mantener la hélice quieta mientras extrae energía del viento, debe existir una fuerza F hacia la izquierda sobre su soporte”.

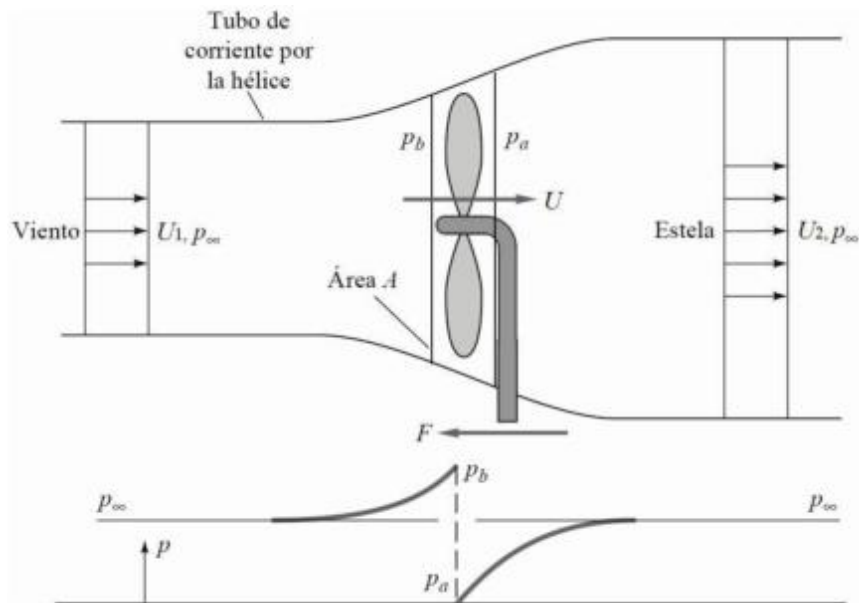


Figura 2-2: Análisis de flujo en un aerogenerador [8].

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area o seccion transversal de la turbina

U_1 = Velocidad de entrada

U_2 = Velocidad de salida

U = Velocidad local del fluido

p = Presión

P = Potencia generada en Watios[W]

$C_p =$ Coeficiente de rendimiento de la turbina

$$\sum F_X = -F = \dot{m} \times (U_2 - U_1) \quad (2.7)$$

$$\sum F_X = -F + (p_b - p_a) \times A = \dot{m} \times (U_2 - U_1) = 0 \quad (2.8)$$

Igualando las ecuaciones (2.7) y (2.8) tenemos la fuerza sobre la hélice:

$$F = (p_b - p_a) \times A = \dot{m} \times (U_1 - U_2) \quad (2.9)$$

Si suponemos que el flujo es ideal, se pueden calcular las presiones aplicando la ecuación de Bernoulli fuera del disco:

$$\text{De 1 a b} \quad p_\infty + \frac{1}{2} \times \rho \times U_1^2 = p_b + \frac{1}{2} \times \rho \times U^2 \quad (2.10)$$

$$\text{De a a 2} \quad p_a + \frac{1}{2} \times \rho \times U^2 = p_\infty + \frac{1}{2} \times \rho \times U_2^2 \quad (2.11)$$

Restando estas relaciones y teniendo en cuenta que $\dot{m} = \rho \times A \times U$ a través de la hélice, se puede sustituir $p_b - p_a$ en la Ecuación (2.9) para obtener:

$$p_b - p_a = \frac{1}{2} \times \rho \times (U_1 - U_2) = \rho \times U \times (U_1 - U_2)$$

$$U = \frac{1}{2} \times (U_1 - U_2) \quad (2.12)$$

Combinando las Ecuaciones (2.9) y (2.12):

$$= F \times U = \rho \times A \times U^2 \times (U_1 - U_2) = \frac{1}{4} \times \rho \times A \times U^2 \times (U_1^2 - U_2^2) \times (U_1 + U_2) \quad (2.13)$$

Para una velocidad U_1 dada, la máxima potencia posible se obtiene derivando P con respecto a U_2 e igualando a cero. El resultado es:

$$P = P_{\text{máx}} = \frac{8}{27} \times \rho \times A \times U_1^3 \quad \text{para} \quad U_2 = \frac{1}{3} U_1 \quad (2.14)$$

La máxima potencia disponible en la hélice se obtiene de multiplicar el gasto másico a través de la hélice por la energía cinética total del viento:

$$P_{\text{disp}} = \frac{1}{2} \dot{m} \times U_1^2 = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times U_1^3 \quad \text{Ecuación Pot. disponible del río}$$

Por este motivo, el máximo rendimiento posible para un aerogenerador ideal sin fricción se suele escribir en función del coeficiente de potencia

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \times \rho \times A \times U_1^3} \quad (2.15)$$

Desde la ecuación (2,14), el máximo coeficiente de potencia es:

$$C_p = \frac{16}{27} = 0.593 \quad (2.16)$$

“Éste es el denominado número de Betz, que sirve como referencia ideal con la que comparar el rendimiento de un aerogenerador real”. Este concepto se aplica también a la energía que se puede extraer del agua a través de una turbina hidrocínética, por lo cual es importante considerar el factor C_p , en las ecuaciones de potencia y energía.

La energía que se puede obtener de un fluido, para una turbina hidrocínética depende de su densidad, su velocidad y el área o sección transversal de la turbina que está inmersa en él y produce la conversión de energía.

$$P = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho \times A \times U^3 \quad (2.17)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area o seccion transversal de la turbina

U = Velocidad del río

P = Potencia generada en Watios[W]

C_p = Coeficiente de potencia de la turbina

De la ecuación (2.6), la potencia requerida del generador es 294 W, con este valor y la velocidad del río determinada para el cálculo de 1,2 m/s, podemos definir el área o sección transversal de la turbina.

$$P = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho \times A \times U^3 \rightarrow A = \frac{P \times 2}{C_p \times \rho \times U^3} \quad (2.18)$$

Tomando un valor de C_p teórico de 0,35 que predijo Alexander Gorlov.

$$A = \frac{294 \times 2}{0,35 \times 1020 \times 1,728} = 0,902 \text{ m}^2$$

Según Gorlov [4], una buena aproximación de esta área A, que es la barrida por la turbina, se considera como un rectángulo de longitud igual al diámetro del disco y de altura, la que se haya escogido para el efecto. Se optó un valor de 0,9 m de diámetro y 1 m de altura.

Diseño y especificaciones del rotor

Número de alabes

Debido a que la turbina debe generar un impacto mínimo a la fauna del río se escogió una turbina con 3 alabes ya que en los artículos escrito por Alexander Gorlov [9], se dice que las mayores eficiencias se presentan en los rotores de tres alabes y que el impacto en este caso con los peces es considerablemente bajo; de acuerdo con estos estudios realizados se determinó que la cantidad de alabes para la turbina hidrocínética de nuestro proyecto fue de 3 alabes.

Puede parecer que el número de paletas ideal para estos rotores es dos (2) por la simplicidad de su diseño, por traducirse en un menor valor de solidez, la utilización de menos material para su construcción y consecuentemente su menor costo. Sin embargo, los rotores de tres (3) paletas ofrecen ventajas en relación a la disminución de la variación cíclica tanto del torque como de la magnitud y dirección de la fuerza neta sobre el rotor. Las fuerzas fluido-dinámicas en un rotor con dos paletas separadas 180° actúan casi en la misma dirección ocasionando problemas de balance y vibración que se trasmite a toda la estructura. Además, las paletas durante su recorrido se encuentran en posiciones desfavorables donde no se produce sustentación por lo que no se fomenta la rotación. En un rotor con tres paletas separadas 120° se asegura que alguna de ellas esté generando sustentación.

Solidez

La solidez (σ) es un parámetro geométrico con un importante rol sobre el desempeño del rotor. Se define como la sombra obtenida al proyectar todas las paletas perpendicularmente a un plano paralelo al eje de la máquina. También puede verse como la relación que existe entre el área total de las paletas y el área barrida por la turbina (Kirke, 1998).

La relación de solidez del rotor (σ) es un parámetro definido como la resistencia estática y es requerido para calcular la cuerda de perfil que depende del número de alabes y las características geométricas del rotor.

$$\begin{aligned}\sigma = \text{solidez} &= \frac{3}{\pi} \times (d - \sqrt{3} + \sin d + \sqrt{3} \times \cos d) \\ &= \frac{3}{\pi} \times (0,45 - \sqrt{3} + \sin 0,45 + \sqrt{3} \times \cos 0,45) = 0,437\end{aligned}$$

Este es un valor que se consideró adecuado, para evitar que el álabe sea muy frágil y presente problemas de stress y a la vez está cerca del valor de 0.4 que según Shiono [5], determina la máxima eficiencia.

Alabes: Perfil

La geometría de los alabes en el diseño de las turbinas es de gran importancia ya que estos son los encargados de convertir el movimiento de un fluido en potencia mecánica, en el caso de la geometría de un álabe de un rotor Gorlov, comprende aspectos como tipo de perfil transversal, cuerda, longitud, ángulo de ataque y ángulo de paso.

Normalmente para el diseño de paletas en estas turbinas se han utilizado perfiles aerodinámicos estandarizados como los NACA simétricos 0012, 0018, 0021, 0025, para muchos de los cuales es posible encontrar datos completos de CP y de CL experimentales. Sin embargo, en la literatura especializada la información disponible sobre perfiles asimétricos es muy limitada, de algunas de las fuentes bibliográficas sobre datos de perfiles consultadas, hemos consideraron los resultados de la investigación realizada en tesis de maestría [10], en la cual analizan varios perfiles aerodinámicos para turbinas Gorlov, concluyen que el perfil más apropiado es el NACA 0021; este es un perfil aerodinámico con unas de las series de sección de ala de cuatro

dígitos de NACA; es un 21% de espesor aerodinámica simétrica con el punto de espesor máximo situado en $x/c = 0,30$ donde x es la coordenada axial medida desde la nariz del perfil aerodinámico y c es la longitud de cuerda.

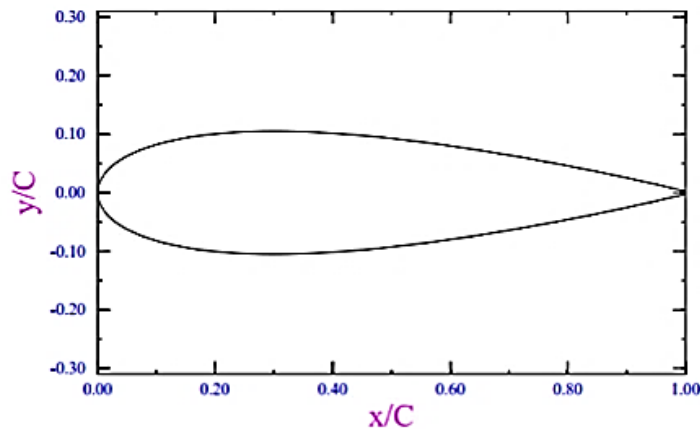


Figura 2-3: Perfil NACA 0021 [11].

Alabes: Cuerda de Perfil

Seleccionado el perfil es siguiente paso es la determinación de la cuerda del perfil, que es la longitud máxima que se tiene en la sección transversal del perfil aerodinámico y se calcula mediante la Ecuación (2.19).

$$C = \sqrt{\frac{A \times \sigma}{n \times \text{BAR}}} = \sqrt{\frac{0,9 \times 0,437}{3 \times 10}} = 114\text{mm} \quad (2.19)$$

Donde:

A = área efectiva de la turbina

σ = Valor de la solidez de la turbina

n = Numero de alabes

Donde el valor del BAR está en un rango entre 10 a 51 según el rendimiento de la turbina. En este caso se utilizó un valor de 10 y se obtuvo el valor de la cuerda de 139 mm.

Alabes: Angulo de Ataque

EL número de Reynolds es la relación que existe entre la fuerza de inercia y la fuerza de la viscosidad. Para un fluido específico la viscosidad se mantiene y la única variable que se presenta es la longitud de la cuerda del perfil. Y este da a conocer como es la iteración del fluido al hacer contacto con los alabes del generador.

$$Re = \frac{v \times C}{V} \quad (2.20)$$

Donde:

v = velocidad de calculo – velocidad del río

C = cuerda del perfil del alabe

V = Viscosidad cinematica

Tabla 2-2: Propiedades del agua a 1 bar [8].

Temperatura	Densidad	Módulo elasticidad	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática	Tension superficial	Presión de vapor
T (°C)	ρ (kg/m³)	$K \cdot 10^{-9}$ (N/m²)	$\mu \cdot 10^3$ (N.s/m²)	$\nu \cdot 10^6$ (m²/s)	σ (N/m)	p_e kPa
0	999,80	1,98	1,78	1,79	0,08	0,61
5	1000,00	2,05	1,52	1,52	0,07	0,87
10	999,70	2,10	1,31	1,31	0,07	1,23
15	999,10	2,15	1,14	1,14	0,07	1,70
20	998,20	2,17	1,00	1,00	0,07	2,34
25	997,00	2,22	0,89	0,89	0,07	3,17
30	995,70	2,25	0,80	0,80	0,07	4,24
40	992,20	2,28	0,65	0,66	0,07	7,38

La temperatura promedio del río Paraná ronda los 20°C, valor que ingresando con la tabla anterior obtenemos una viscosidad cinemática de $1,00 \times 10^6 \frac{m^2}{s}$

$$Re = \frac{1,2 \frac{m}{s} \times 0,114m}{1,00 \times 10^6 \frac{m^2}{s}} = 136800$$

Establecidos los valores de cuerda, Reynolds y el perfil NACA 0021, se utilizó el software Q-Blade, con el fin de determinar el ángulo de ataque para el cual el perfil seleccionado tiene un mayor rendimiento aerodinámico (L/D), que relaciona la resistencia relacionando el coeficiente de sustentación C_L y el coeficiente de arrastre C_D .

Los parámetros utilizados para setear el programa fueron el perfil NACA seleccionado, el número de Reynolds y la cuerda.

Se le pidió al programa realiza las iteraciones necesarias entre dos posiciones angulares -50° y 50° , obteniendo el mayor rendimiento aerodinámico $L/D=42,093$ para un ángulo de ataque $\alpha=8^\circ$.

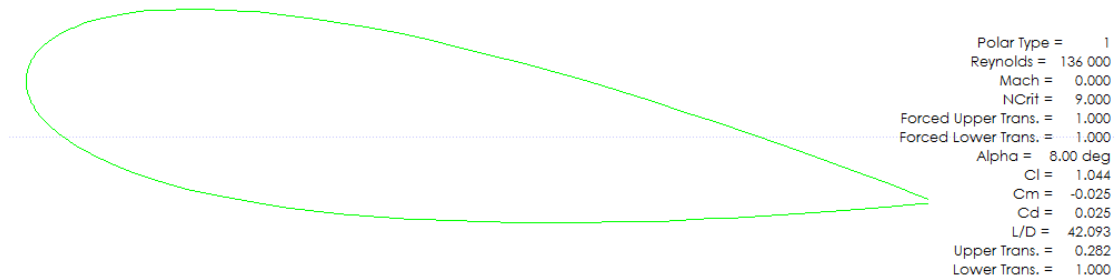


Figura 2-4: Angulo de ataque del álabe

Alabes: Angulo de paso

Siendo el rotor Gorlov un rotor helicoidal es necesario el cálculo del ángulo de hélice de los álabes como función del número de álabes, el diámetro del rotor y la altura del rotor mediante la Ecuación (2.21)

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{n \times h}{\pi \times D} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{3 \times 0,9}{\pi \times 1} \right) = 40,67^\circ \quad (2.21)$$

Donde:

n = número de alabes

h = altura del rotor

D = diámetro del rotor

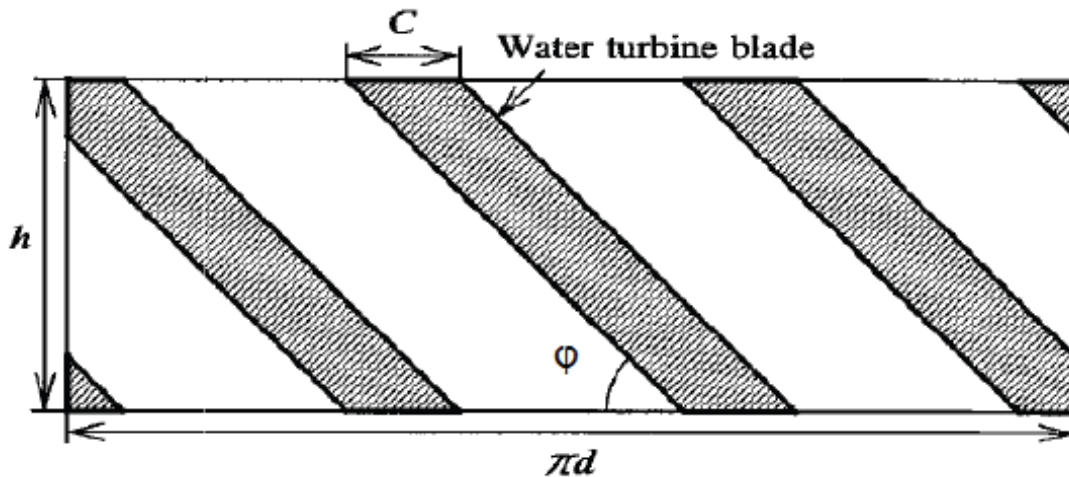


Figura 2-5: Angulo helicoidal, relación entre altura y la cuerda para una turbina Gorlov [11]

Hasta aquí hemos definido las dimensiones y configuración de la turbina hidrocínética tipo Gorlov cuyos valores se expresan en la siguiente Tabla 2-3

Tabla 2-3: Valores y parámetros calculados.

ITEM	PARAMETROS	VALORES
1	Altura del rotor $h[m]$	0,9
2	Diámetro del rotor $h[m]$	1
3	Solidez	0,437
4	h/R	1,8
5	Tipo de álabe	NACA 0021
6	Cuerda $[m]$	0,114
7	Número de álabes	3
8	Ángulo de ataque $\alpha [^\circ]$	8
9	Ángulo de torcedura $\Psi [^\circ]$	120
10	Ángulo de la hélice $\theta [^\circ]$	40,67
11	Coefficiente de arrastre C_D	0,025
12	Coefficiente de sustentación C_L	1,044

Fuerza de sustentación, de arrastre y velocidad de giro

Fuerza de sustentación

En la siguiente figura se muestra la descomposición de las dos fuerzas aerodinámicas elementales, sustentación (FL) y arrastre (FD) y el ángulo de ataque.

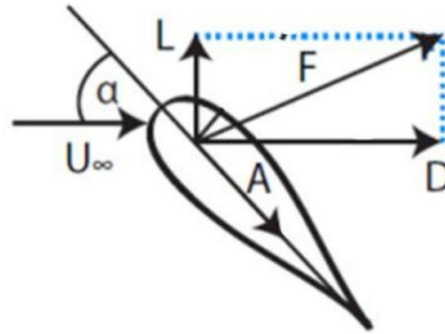


Figura 2-6: Diagrama de fuerzas sobre un perfil [9].

La fuerza de sustentación (FL), se define como la fuerza que actúa perpendicularmente a la dirección de la corriente de un fluido, esta se genera a través de la corriente el fluido sobre el perfil con un ángulo de ataque determinado, entre mayor sea el ángulo de ataque mayor será la fuerza de sustentación sobre el alabe.

$$FL = CL \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^2 \quad (2.22)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area de referencia del cuerpo

V = Velocidad del fluido

FL = es la fuerza de sustentacion [N]

CL = Coeficiente de sustentacion

$$FL = 1,044 \times \frac{1020}{2} \times 0,9 \times 1,2^2 = 690 \text{ N}$$

Fuerza de arrastre

La fuerza de arrastre (FD) es la suma de todas las fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas en la dirección del flujo del fluido externo, por tanto, actúa opuestamente al movimiento del objeto.

$$FD = CD \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^2 \quad (2.23)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area de referencia del cuerpo

V = Velocidad del fluido

FD = es la fuerza de arrastre [N]

CD = Coeficiente de arrastre

$$FD = 0,025 \times \frac{1020}{2} \times 0,9 \times 1,2^2 = 16,5 \text{ N}$$

Velocidad de giro

El análisis del torque de la turbina, depende directamente de la velocidad del fluido, este índice es el parámetro conocido como velocidad de punta del alabe o Tip Speed Ratio TSR. La forma de calcular esta velocidad viene dada por la formula

$$TSR = \frac{\omega \times R}{U} \quad (2.24)$$

donde:

ω = velocidad angular de la turbina

R = radio de la turbina

U = velocidad del fluido

De acuerdo a trabajos de investigación realizados por Rodríguez, Maximiliano el TSR óptimo para una turbina Gorlov se encuentra entre 1 y 1,2. Pero mantiene un buen rendimiento de trabajo al menos hasta un TSR de 1,6.

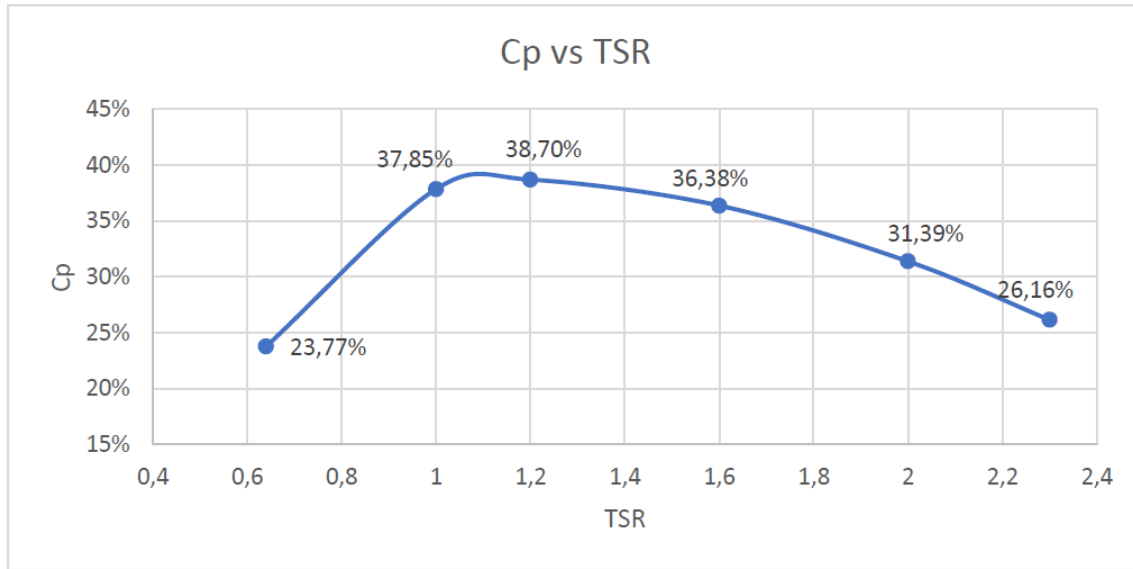


Figura 2-7: Cp vs TSR para turbina GORLOV [12].

Para este caso particular, considerando que la velocidad del fluido U es constante (igual a 1,2 m/s).

$$TSR = \frac{\omega \times 0,45}{1,2} = \omega \times 0,375$$

$$TSR = 1 = \omega \times 0,375$$

$$\omega \times \frac{1}{0,375} = 2,66 \frac{rad}{s} \times \frac{60}{2\pi} \equiv 25,4 \text{ RPM}$$

$$TSR = 1,6 = \omega \times 0,375$$

$$\omega \times \frac{1,6}{0,375} = 4,26 \frac{rad}{s} \times \frac{60}{2\pi} \equiv 40,75 \text{ RPM}$$

Es decir, con un TSR de 1, en condiciones ideales se tendría una velocidad de 25,5 RPM y para un TSR de 1,6 se obtendría 40,75 RPM. Esto determina que a medida que aumenta el TSR, aumenta la velocidad angular de la turbina disminuyendo su coeficiente de potencia.

La siguiente figura, representa la disminución de potencia que se le puede extraer a una turbina Gorlov a medida que aumenta su velocidad angular.

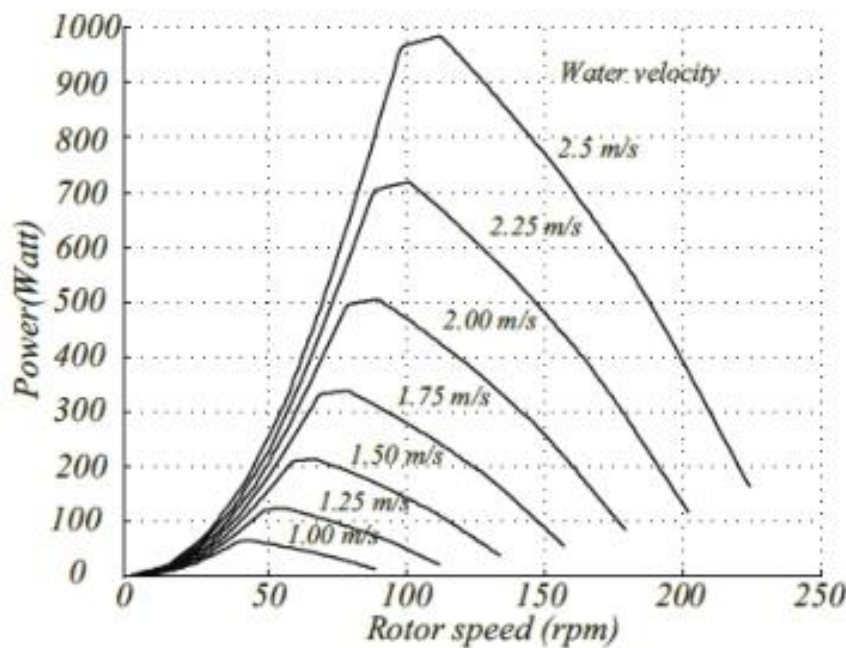


Figura 2-8: P vs velocidad de rotación para varias velocidades del fluido [13].

Hemos definido el rango de trabajo de la turbina entre las velocidades angulares 25,5 y 40,75 RPM.

Modelación y selección de los materiales del rotor

En capítulos anteriores, hemos analizado y calculado los parámetros de funcionalidad y medidas del rotor de la turbina Gorlov propuesta, los mismos se encuadran en la Tabla 2-4 para el modelado final del rotor.

Tabla 2-4: Valores y parámetros calculados.

ITEM	PARAMETROS	VALORES
1	Altura del rotor h [m]	0,9
2	Diámetro del rotor h [m]	1
3	Solidez	0,437
4	h/R	1,8
5	Tipo de álabe	NACA 0021
6	Cuerda [m]	0,114
7	Número de álabes	3
8	Ángulo de ataque α [°]	8
9	Ángulo de torcedura Ψ [°]	120
10	Ángulo de la hélice θ [°]	40,67
11	Coeficiente de arrastre C_D	0,025
12	Coeficiente de sustentación C_L	1,044
13	Fuerza de sustentación F_L [N]	690
14	Fuerza de arrastre F_D [N]	16,5
15	Velocidad de giro ω [RPM]	25,5 – 40,75

El primer paso para generar el CAD de esta turbina consiste en vectorizar el perfil NACA 0021 en puntos tabulados extraídos del programa Q/Blade.

Teniendo el perfil en el programa Q-Blade se exportan los puntos a Excel, para llevarlo al software CAD y se proyecta el perfil NACA 0021 en el programa. Se generan los 3 alabes según las características de los ángulos y paso calculado como se muestra en la Figura 2-9

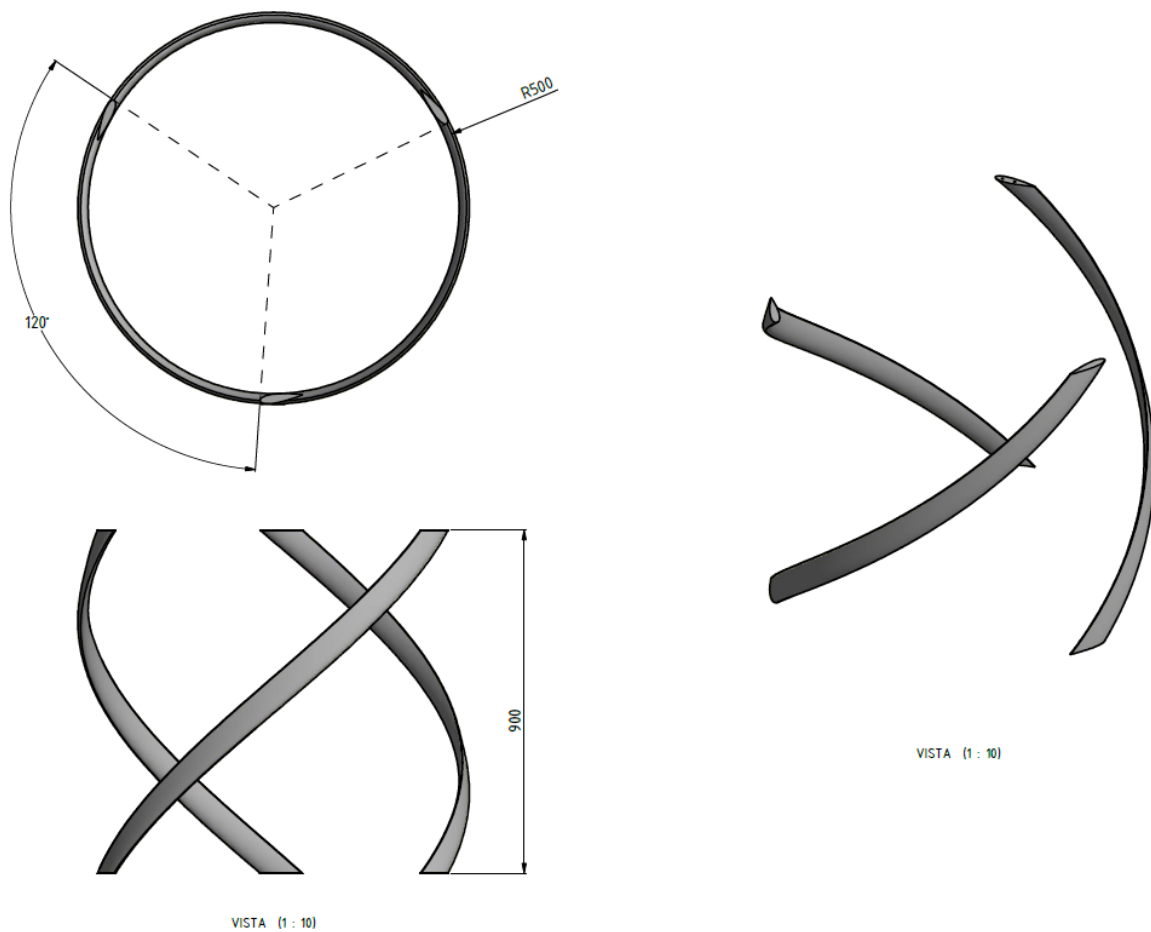


Figura 2-9: Distribución y ángulos de perfil NACA 0021 [14].

Fabricación de los alabes

En esta etapa, para seleccionar el material de los alabes, hemos tenido muy en cuenta la metodología de fabricación de los mismos desde el punto de vista económico sin perder de vista la complejidad del mismo y la precisión para garantizar el rendimiento de la turbina, las alternativas estudiadas son las siguientes:

- Acero
- Aluminio
- FRP (Fibra de Vidrio)

De las tres alternativas descartamos el acero, por su peso, pero por sobre debido al medio en el que va a estar sometido.

El aluminio sería un material apropiado en comparación con el acero, pero lo descartamos por el alto costo de la materia prima en comparación con otras alternativas como lo puede ser el FRP como así también los valores de mecanizado para obtener las piezas.

Optando por el FRP como alternativa propuesta es que primeramente y para poder definirla, consultamos con especialistas en el rubro, en este caso a Raúl Petrolli, dueño del astillero “ASTILLERO RECONQUISTA” quien nos asesora en el empleo del FRP, el cual se puede aplicar perfectamente de dos maneras, generando los alabes a partir de un molde partido o simplemente revistiendo con una fina capa de FRP y resina la forma del alabe hecha en una primera instancia de algún material más económico como lo puede ser impresión 3D con un espesor de pared o capa lo suficientemente gruesa para solo mantener la forma durante el proceso de plastificado y de esta manera minimizar costos.

Si bien generar un molde partido por única vez con el cual se obtendrían dos caras, la interna y externa para luego unir las, resulta a la larga conveniente en términos económicos pero el proceso de unión, lijado y sellado de las mitades puede encarecer el producto comparado con los valores de impresión 3D. A modo de definir estas opciones nos comunicamos con una casa que realiza servicios de impresión “JO-VI impresiones 3D” quienes nos asesoraron en el diseño estructural de los mismos y

teniendo en cuenta las medidas de cama de las impresoras que disponen, es por ello que se deberá realizar los alabes en 5 piezas para luego unir con pegamento, lo cual una vez revestido en FRP o simplemente reforzando con resina se comportaría como una única pieza.



Figura 2-10. Encastres y disposición de alabes [14]

Estructura rotor

El siguiente paso es diseñar la estructura que sujetará los alabes y la cual dará forma a la turbina, para ello optamos por utilizar placas de acero inoxidable calidad AISI 304 de 3mm de espesor cortada mediante un equipo de tecnología láser BODOR 1000 de la empresa “IDEA S.A.” con formas de aspas en cuyo extremo se sujetan los alabes con bulones cabeza fresada de A°I°. como lo muestra la Figura 2-11

ASPAS DE ROTOR

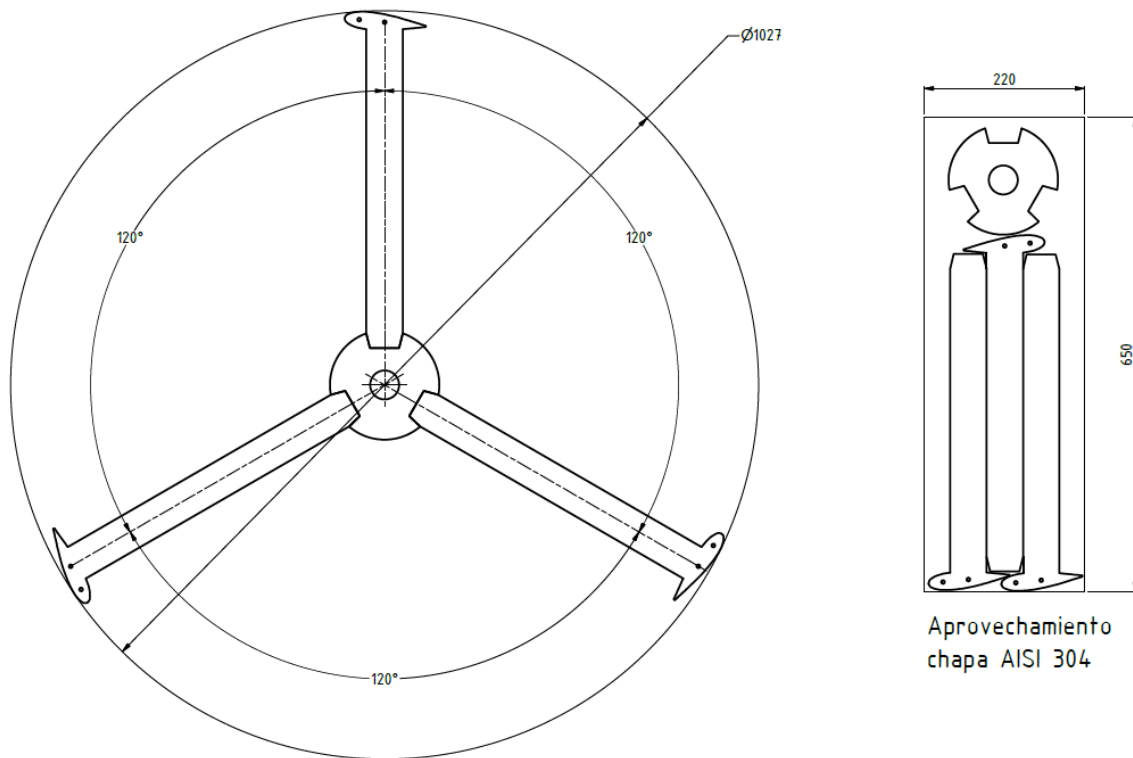


Figura 2-11: Nesting y modelo de turbina [14].

Estudio de morfología

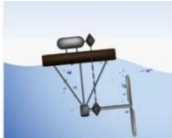
Hasta aquí tenemos definida la forma y dimensiones del rotor, su material y método de fabricación como así también el sistema de aspas que vinculan y transmiten el momento al eje principal, quedando por seleccionar y diseñar el conjunto final, transmisión de potencia, generador, sistema de sustentación y fijación del mismo.

En el estudio morfológico se elaboró un cuadro comparativo Tabla 2-5 de las opciones con cada una de sus cualidades con el objetivo de encontrar la alternativa de diseño más viable para su ejecución, tomando como referencia diferentes tipos de sistemas y considerando las restricciones y necesidades del proyecto.

Tabla 2-5: Cuadro comparativo [14].

<u>FUNCION</u>	<u>CRITERIO</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Transmisión de Potencia	La transmisión instalada sea la más óptima y cumpla con estándar de calidad y vida útil		Transmisión de potencia a altas velocidades, funcionamiento suave y silencioso, su mantenimiento es mínimo.
			Operan a altas temperaturas, no se degradan por luz solar ni por la presencia de aceite, requieren lubricación.
			Requieren menor espacio, tienen mayor capacidad de transmisión de potencia, requieren lubricación.
Transformar energía mecánica en energía eléctrica	Se implementará un sistema eléctrico que se adapte con facilidad al sistema de transmisión y presente una relación adecuada para su funcionamiento		Un generador de imán permanente trabaja usualmente a menos de 1000 rpm, con un alto nivel de torque.
			Los generadores sincrónicos trabajan a más de 1000 rpm, y manejando un torque bajo de arranque.
			Los Generadores trifásicos se utilizan para grandes potencias.

Tabla 2-5: Cuadro comparativo (continuación) [14].

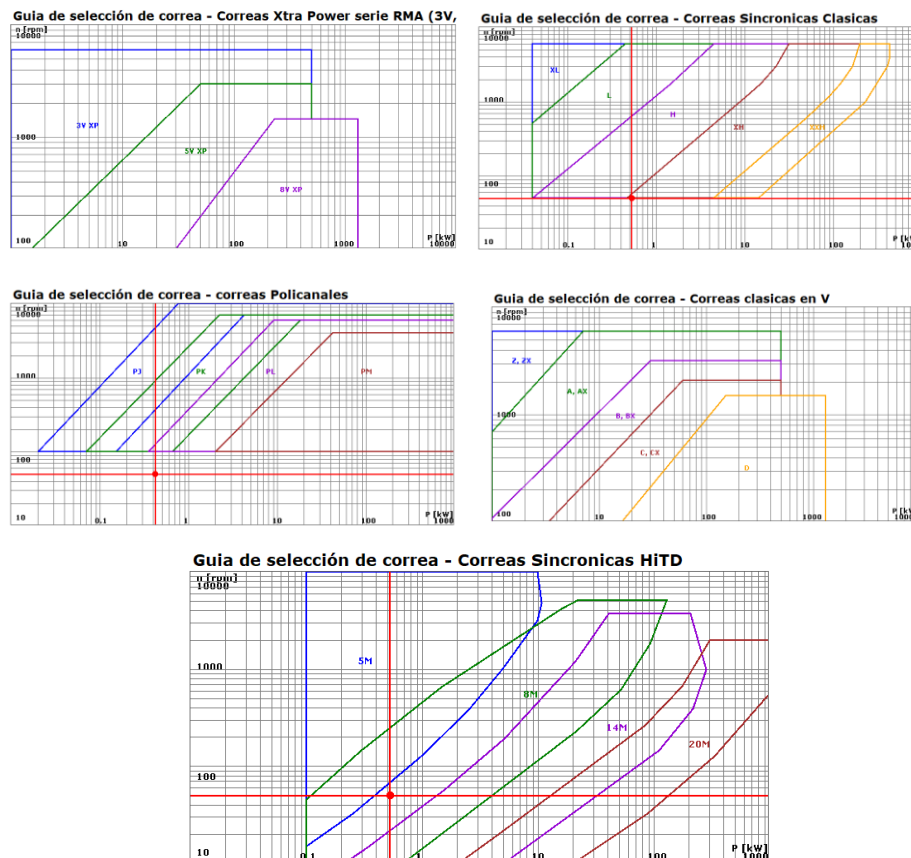
<u>FUNCION</u>	<u>CRITERIO</u>	<u>CONCEPTO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
Sistema de Instalación	Se quiere instalar un sistema que se adapte a las condiciones ambientales y presente mayor seguridad y bajo costo.		Sistema de flotación donde solo la turbina esté sumergida
			Sistema de flotación compacto priorizando la menor exposición a la corriente de agua e impacto ambiental
			Sistema ingenieril con fundaciones de hormigón o encauses de agua.
Sistema de anclaje y sujeción	Sistema de sujeción que se implementara para evitar que el diseño aerodinámico sea arrastrado.		Los cables de acero soportan altas cargas y son usados para el ajuste o sujeción de estructuras metálicas brindando mayor seguridad.
			Las cadenas son fáciles de transportar y son económicas en comparación con otros elementos.

Transmisión de Potencia

Selección del tipo de transmisión

Del estudio morfológico en cuyo cuadro comparativo se proponen el uso de tres sistemas de transmisión de potencia distintos, Tabla 2-5, optamos por la utilización de correas o bandas de goma ya que permiten una alta transmisión de potencia en aplicaciones de baja velocidad y alto par. Estas correas son adecuadas para electrodomésticos, máquinas de oficina, herramientas eléctricas y manuales, industria química, de procesos y mecánicas.

Dentro de este tipo de sistema de transmisión, la gama de formas de correas es variada, y apoyándonos en la guía de selección de SKF POWER TRANSMISION, ingresando datos como ser RPM máxima teórica, potencia a transmitir, en las diversas tablas de tipos de correas, vemos que es conveniente el uso de las correas sincrónicas del tipo HITD en paso 8M.



Las correas sincronicas HiTD tienen una forma curvilínea de los dientes lo que garantiza una distribución de carga optimizada que permite una alta transmisión de potencia en aplicaciones de baja velocidad de rotación como es nuestro caso.

La aplicación de este tipo de correa es particularmente adecuada por su bajo costo de mantenimiento y larga duración.

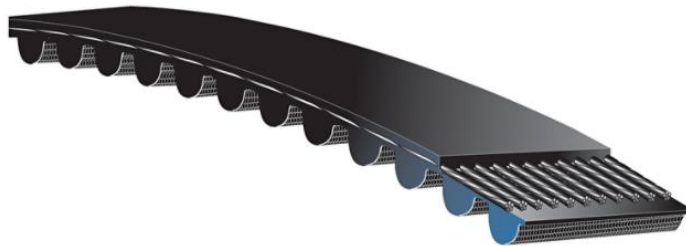


Figura 2-12: Capas de correa dentada [15].

Al igual que para la selección del tipo de correa, hicimos uso del software de SKF para la selección de los elementos que componen el sistema de transmisión cuyos datos de entrada son los siguientes:

Datos de entrada:

Potencia Nominal (kW) 0,3

Solicitado factor de servicio 1,5

Velocidad motriz (rpm) 50

Velocidad Conducida (rpm) 50

Distancia entre centros de poleas: 1140mm

Espacio o cavidad donde se alojará el sistema: 45mm (ancho) – 95mm (alto)

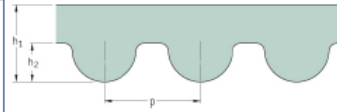


correas

PHG 2600-8M-30

Correas sincrónicas 8M

Cantidad de dientes	325
Longitud primitiva (pulg.)	102.36
Longitud primitiva (mm)	2600
Ancho (mm)	30
h1 = Altura (mm)	5.6
Manguito (Si/No)	N



Polea Motriz

PHP 22-8M-30TB

Cantidad de dientes	22
Diámetro primitivo (mm)	56.02
Diámetro exterior (mm)	54.65
Tipo de polea	4F
Buje Nro.	1008
Orificio mínimo (mm)	9
Orificio máximo (mm)	25
Brida A (mm)	65
H	—
F	38
K	16
L	22
M	—
Peso (kg)	0.29



Polea Conducida

PHP 22-8M-30TB

Cantidad de dientes	22
Diámetro primitivo (mm)	56.02
Diámetro exterior (mm)	54.65
Tipo de polea	4F
Buje Nro.	1008
Orificio mínimo (mm)	9
Orificio máximo (mm)	25
Brida A (mm)	65
H	—
F	38
K	16
L	22
M	—
Peso (kg)	0.29

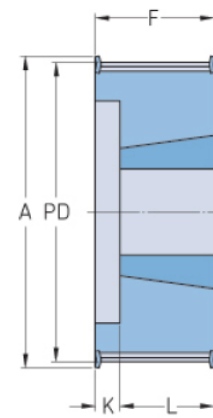


Figura 2-13: Detalles y medidas [15]

Selección del tipo de generador

Los generadores más usados en sistemas de generación hidrocínética son los síncronos de rotor bobinado y los síncronos de imanes permanentes. Estos se diferencian en la forma como se genera el campo magnético que rota y que induce en el bobinado del estator el correspondiente voltaje. Los rotores bobinados constan de bobinas alimentadas con corriente continua mientras que los de imanes permanentes éstos generan el campo magnético.

El síncrono de rotor bobinado en primer lugar usa escobillas, lo que obliga a hacerle mantención. Además, posee mayores pérdidas pues tiene que magnetizar con

electricidad el rotor y su tamaño y costo es mayor. La única ventaja que posee por sobre el de imanes permanentes es que permite regular la magnitud del campo, pudiendo tenerse control sobre el voltaje generado, pero en este generador en particular eso carece de importancia. Por esta razón el generador síncrono de imanes permanentes es la opción más robusta, además de que tiene mejor eficiencia y tiene una potencia específica más alta.

Selección de la topología del generador

En los generadores síncronos de imanes permanentes existen principalmente tres topologías: la radial, la axial y la transversal.

La radial es la topología más clásica, con los imanes dispuestos de tal forma que el flujo va de forma radial y se compone de dos cilindros coaxiales que giran uno respecto del otro, como se ve en la Figura 2-14 (a).

En un generador de tipo axial el flujo magnético se transmite al estator de forma axial, siendo conformado por dos platos coaxiales que giran uno respecto del otro. La Figura 2-14 (b). es un esquema de este sistema.

Por último, están los generadores de flujo transversal, que presentan flujo en ambos sentidos, como se ve en la Figura 2-14. (c).

Al comparar el rendimiento de los tres tipos de generadores, se observa que no hay consenso en cuanto a cuál es el que presenta mejores características de torque por unidad de masa y de costo por unidad de torque. Según Dubois, el que presenta mejores características es el de flujo transversal (para diámetros menores a 1 m, que es nuestro caso), luego viene el radial y por último el de flujo axial (Dubois, 2004), pero Pippuri, Manninen y Tammi postulan que el con mayor densidad de torque es el de flujo radial (Pippuri et al, 2013).

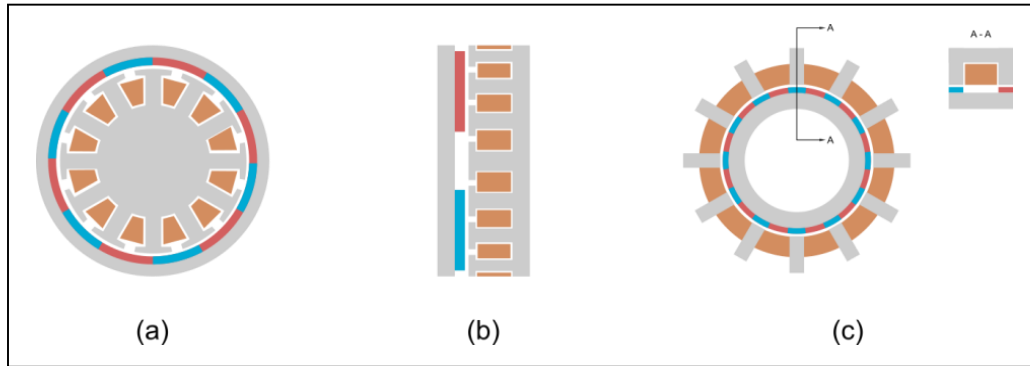


Figura 2-14: Topologías de generadores síncronos de imanes permanentes. [16]

Independientemente de esta disputa, el problema de los generadores de flujo transversal es que su fabricación es compleja ya que requieren una dirección de laminación que es difícil de lograr y el proceso de bobinado y ensamblado de las bobinas requiere mucho trabajo. Esto hace que los costos de manufactura de dicho generador sean elevados, razón por la cual el generador radial es el que tiene mayor presencia a nivel industrial.

Hoy día el mercado global de estas máquinas es extenso y las ofertas son muchas, dentro de las analizadas, optamos por utilizar generadores preparados para generaciones sustentables como el descrito a continuación

Marca: WindZilla

Modelo: 24VAC Max 2000W

Tipo: Alternador trifásico de imán permanente

Alcance 24V @ 50RPM! (12V @ 25RPM)

Son alternadores de imán permanente con caja amplificadora de rpm incorporada en el mismo cuerpo utilizado para turbina eólica, bicicleta de fitness y sistemas de generación hidroeléctrica.

Dado que se trata de un alternador, generará electricidad CA trifásica. Sin embargo, el rectificador incluido convertirá CA en CC. Las ventajas de un alternador en comparación con un motor de CC son:

- Los alternadores tienen una vida útil más larga que los motores de CC.
- Los alternadores son más eficientes que los motores de CC porque están diseñados para generar electricidad.

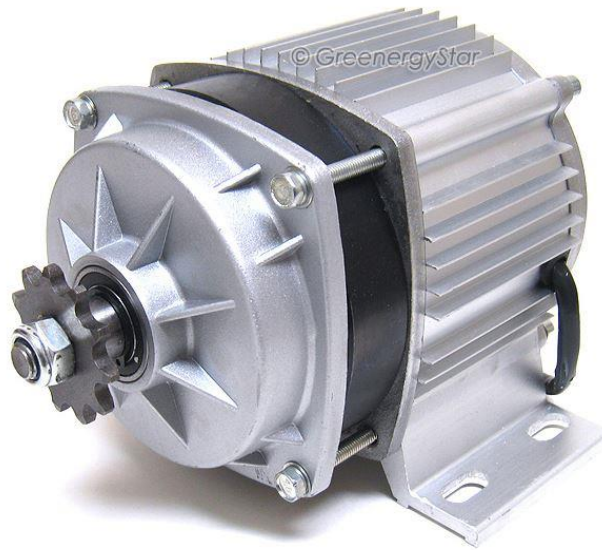


Figura 2-15. Generador trifásico [17]

Tabla 2-6: Ficha técnica generador [17].

Voltaje	Trifásico 24 VCA
Imán permanente	Imanes de neodimio de tierras raras
Resistencia a la humedad / corrosión	Sí, exterior sellado, rodamiento de bolas, rotor revestido
Relación de transmisión	1: 6
RPM a 24 V	50 RPM
Cuerpo material	Aleación de aluminio y acero
Diámetro del rotor	12 cm (4,75 pulgadas)
Largo	10 cm (4,0 pulgadas)
Peso	3,90 kg (8,6 libras)
Montar	Sí, soporte de pie

Estructura del sistema

Eje del rotor

Este es un componente muy importante ya que es el que transmite la potencia desde los alabes al sistema de transmisión por correa.

El material a utilizar es el acero inoxidable AISI 304 cuya sección adoptada será tubular de diámetro 38mm, el espesor será verificado en el siguiente cálculo como así también el diámetro adoptado.

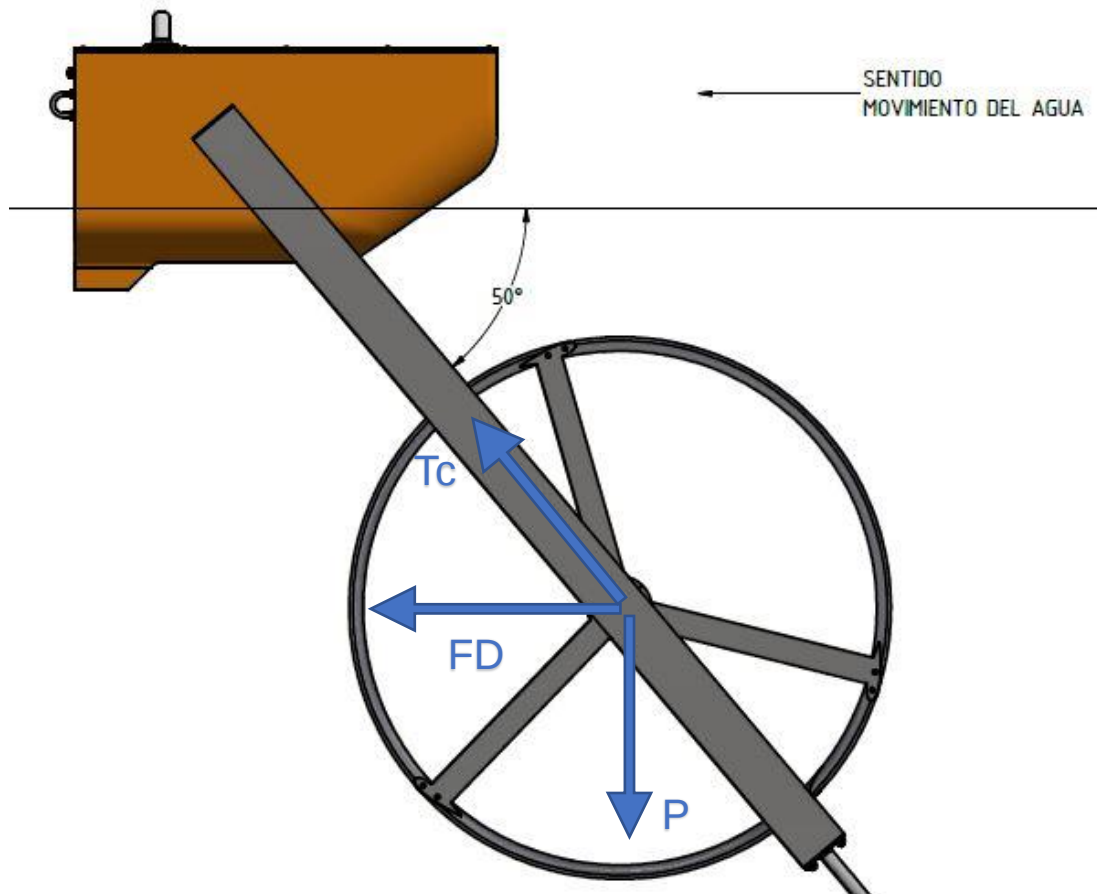


Figura 2-16. Diagrama general con fuerzas actuantes [14].

FD = Fuerza arrastre del río [N]

P = Peso conjunto rotor $\cong 150$ N

T_c = Tensión de la correa [N]

La fuerza de arrastre (FD) es la suma de todas las fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas en la dirección del flujo del fluido externo, por tanto, actúa opuestamente al movimiento del objeto.

$$FD = CD \times \frac{\rho}{2} \times 0.9 \times V^2 \quad (2.25)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area de referencia del cuerpo

V = Velocidad del fluido

FD = es la fuerza de arrastre [N]

CD = Coeficiente de arrastre [coeficiente de arrastre superficie cilíndrica]

$$FD = 0,82 \times \frac{1020}{2} \times 0.9 \times 1,2^2 = 542 \text{ N.}$$

El momento torsor inducido por el rotor de la turbina (Mr) se calcula a continuación, para este cálculo adoptamos valores de potencia y velocidad levemente superior a lo calculado.

$$Mr = \frac{P}{\frac{2 \times \pi \times n}{60}} = \frac{300}{\frac{2 \times \pi \times 50}{60}} = 57.36 \text{ Nm} = 42.30 \text{ lb.pulg}$$

donde:

Mr = Momento rotor [Nm]

P = Potencia diseño turbina [w]

n = Velocidad de giro [rpm]

La componente de tensión en el extremo de la polea (T_c) se calcula con la Ecuación (2.26):

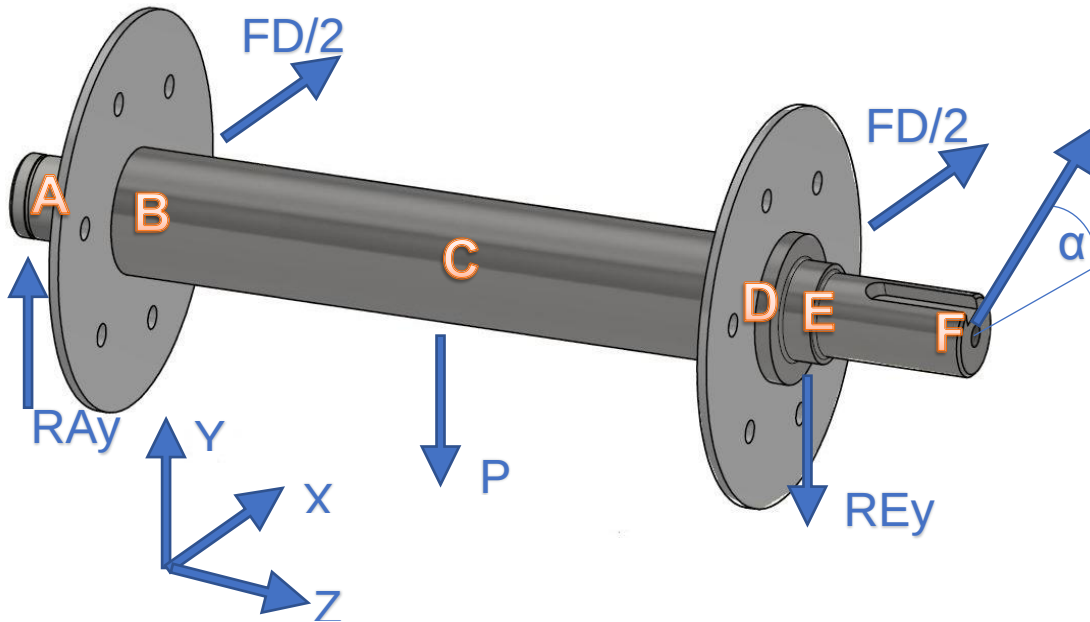
$$T_c = \frac{Me}{\frac{D_p}{2}} = \frac{57.36}{\frac{0.056}{2}} = 2048 \text{ N} \quad (2.26)$$

donde:

$Me = \text{Momento rotor [Nm]}$

$D_p = \text{Diametro primitivo[m]}$

DCL: Diagrama de cuerpo libre del eje:



Para que el sistema esté en equilibrio, la sumatoria de fuerzas y momento debe ser igual a cero en la Ecuación (2.27)

$$\sum F_x = 0 = -R_{Ax} + FD - R_{Ex} + T_c \times \cos \alpha = 0 \quad (2.27)$$

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 &= -R_{Ax} + 542 - R_{Ex} + 2048 \times \cos 50 \Rightarrow R_{Ex} \\ &= 1858 - R_{Ax}\end{aligned}$$

$$\sum F_y = 0 = R_{Ay} - P - R_{Ey} + T_c \times \sin \alpha = 0$$

$$\sum F_y = 0 = R_{Ay} - 150 - R_{Ey} + 2048 \times \sin 50 \Rightarrow R_{Ey} = 1418 + R_{Ay}$$

No existen fuerzas axiales actuantes o al menos considerables ya que la única que proporcionaría una fuerza con esta dirección es la turbina, pero como los álabes actúan en todo su giro, contrarrestan y equilibran esta componente.

$$\sum F_z = 0$$

Sumatoria de Momento en X

$$\sum M_{x_A} = 0 = +\frac{FD}{2} \times 0.04 + \frac{FD}{2} \times 0.94 - R_{Ex} \times 0.985 + T_c \times \cos \alpha \times 1.025 = 0$$

$$\sum M_{x_A} = 0 = 10.84 + 254.74 - R_{Ex} \times 0.985 + 1349.33 = 0$$

$$R_{Ex} = \frac{10.84 + 254.74 + 1349.33}{0.985} = 1639.5 \text{ N}$$

$$RAx = 1858 - REx = 218.5 \text{ N}$$

Sumatoria de Momento en Y

$$\sum y_A = 0 = -P \times 0.49 - REy \times 0.985 + Tc \times \sin \alpha \times 1.025 = 0$$

$$\sum M_{y_A} = 0 = -73.5 - REy \times 0.985 + 1608 = 0$$

$$REy = \frac{1608 - 73.5}{0.985} = 1558 \text{ N}$$

$$RAy = REy - 1418 = 140 \text{ N}$$

DIAGRAMA DE CORTE SOBRE EL EJE

En el punto A $\rightarrow R_{Ax} = -218.5 \text{ N}$ y $R_{Ay} = 140 \text{ N}$

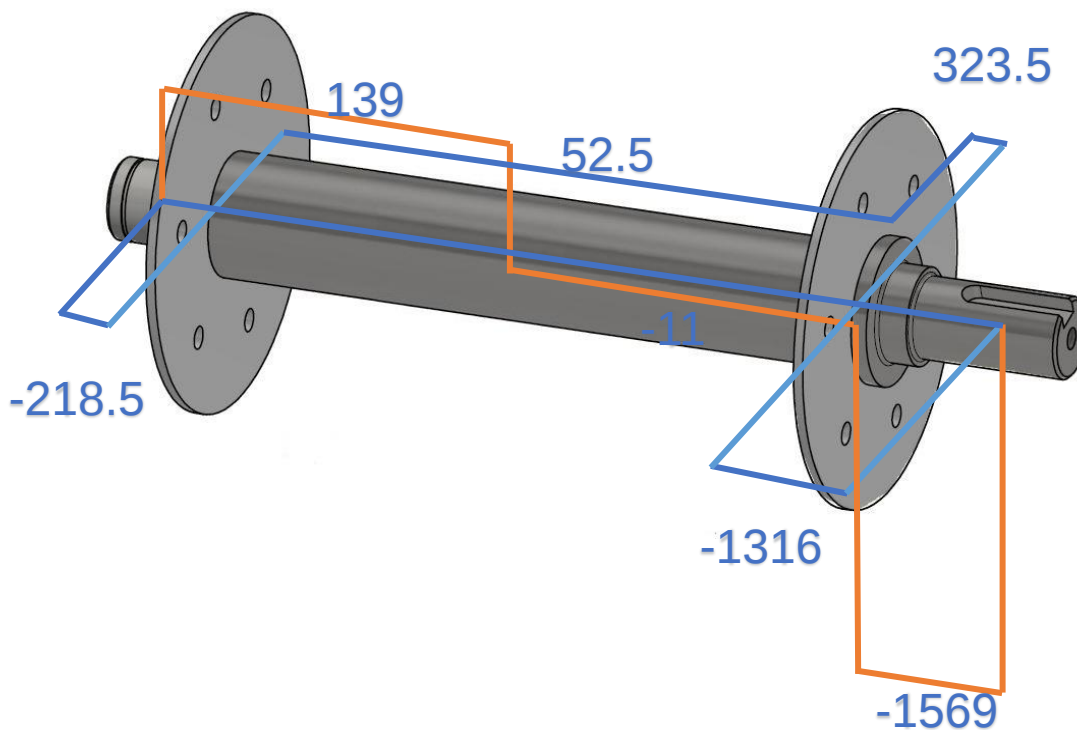
En el punto B $\rightarrow F^D/2 = 271 \text{ N}$

En el punto C $\rightarrow P = -150 \text{ N}$

En el punto D $\rightarrow F^D/2 = 271 \text{ N}$

En el punto E $\rightarrow R_{Ex} = -1639.5 \text{ N}$ y $R_{Ey} = -1558 \text{ N}$

En el punto F $\rightarrow T_{Cx} = 1316 \text{ N}$ y $T_{Cy} = 1568 \text{ N}$



$$\text{Corte } Q_{A-B} = \sqrt{218.5^2 + 139^2} \cong 256 \text{ N}$$

$$\text{Corte } Q_{B-C} = \sqrt{52.5^2 + 139^2} \cong 149 \text{ N}$$

$$\text{Corte } Q_{C-D} = \sqrt{52.5^2 + 11^2} \cong 54 \text{ N}$$

$$\text{Corte } Q_{D-E} = \sqrt{323.5^2 + 11^2} \cong 324 \text{ N}$$

$$\text{Corte } Q_{E-F} = \sqrt{1316^2 + 1569^2} \cong 2048 \text{ N} = 460 \text{ lbf}$$

DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR SOBRE EL EJE

En el punto A $\rightarrow M_{Ax} = 0 \text{ Nm}$ y $M_{Ay} = 0 \text{ Nm}$

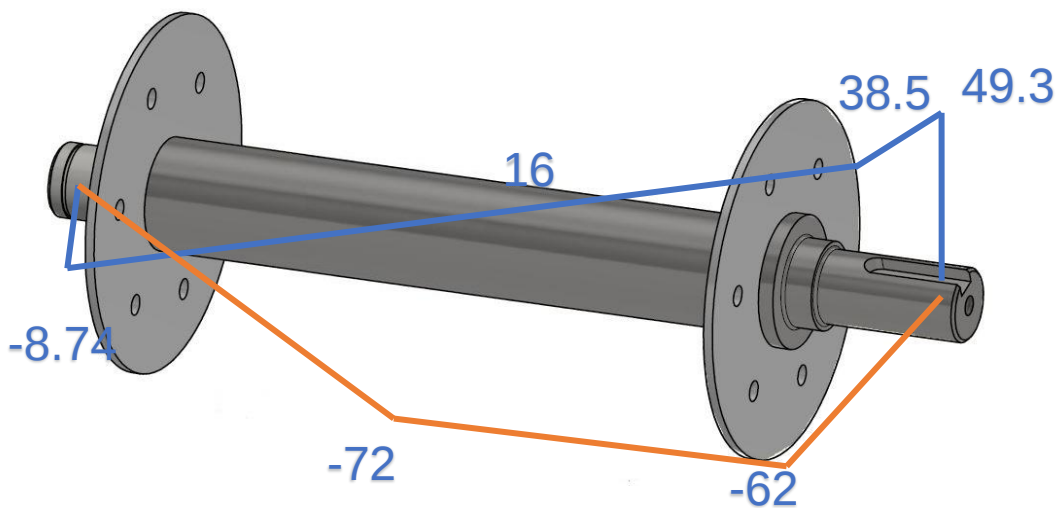
En el punto B $\rightarrow M_{Bx} = -8.74 \text{ Nm}$ y $M_{By} = -5.87 \text{ Nm}$

En el punto C $\rightarrow M_{Cx} = 16 \text{ Nm}$ y $M_{Cy} = -72 \text{ Nm}$

En el punto D $\rightarrow M_{Dx} = 38.51 \text{ Nm}$ y $M_{Dy} = -70 \text{ Nm}$

En el punto E $\rightarrow M_{Ex} = 49.35 \text{ Nm}$ y $M_{Ey} = -62 \text{ Nm}$

En el punto A $\rightarrow M_{Fx} = 0 \text{ Nm}$ y $M_{Fy} = 0 \text{ Nm}$



$$\text{Momento } Mb = \sqrt{8.74^2 + 5.87^2} \cong 10.54 \text{ Nm}$$

$$\text{Momento } Mc = \sqrt{16^2 + 72^2} \cong 73.75 \text{ Nm}$$

$$\text{Momento } Md = \sqrt{38.51^2 + 70^2} \cong 79.9 \text{ Nm} = 58.93 \text{ lb.pulg}$$

$$\text{Momento } Me = \sqrt{49.35^2 + 62^2} \cong 79.24 \text{ Nm}$$

DIÁMETRO DE EJE EN F CALCULADO A CORTE PURO

$$D = \sqrt{2.94 \times k_t \times Q \times \frac{N}{S'_n}} \quad (2.28)$$

donde:

$$k_t = 2.5$$

Kt: concentración de esfuerzos que se producen por variaciones geométricas según la Mott para un chaflán agudo Kt: 2.5, para uno redondeado Kt: 1.5, para anillos de retención Kt: 3 para cuñeros de trineo Kt: 1.6, para cuñeros de perfil Kt: 2.

$$N = 2$$

Se usará un valor de 2 para el factor de diseño N dado que según el libro de Mott sugiere un valor de 2 a 2.5 para diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con confianza promedio en todos los datos de diseño.

S'_n = Valor de resistencia a la fatiga según el material seleccionado

Antes de empezar con el diseño de los ejes el primer paso que se debe tomar es seleccionar el material que usaran, en nuestro caso se selecciona inicialmente un acero de ingeniería AISI 1020 debido a que en el comercio los aceros económicos y de fácil adquisición dado que este metal es de los más usados para elementos de maquinaria.

Sus propiedades mecánicas se aprecian en la Tabla 2-7

Tabla 2-7: Propiedades mecánicas AISI1020 [18].

Esfuerzo de fluencia:	35ksi
Esfuerzo máximo:	85ksi
Elongación:	60%
Módulo de elasticidad:	27992ksi

El valor de la resistencia a la fatiga será vital a la hora de calcular el diámetro real de los ejes de transmisión, pero este valor es variable teniendo en cuenta algunos factores que la disminuyen aparecen como consecuencia de las condiciones de operación como lo demuestra la Ecuación (2.29):

$$S'_n = S_n \times C_m \times C_{st} \times C_r \times C_s \quad (2.29)$$

donde:

S_n = valor de la resistencia real a la fatiga

C_m = factor de material

C_{st} = factor tipo de esfuerzo

C_r = factor de confiabilidad

C_s = factor de tamaño

El valor de (S_n) se conoce por medio del Esfuerzo máximo y el tipo de acabado superficial que vaya a tener el eje, en este caso se eligió que fuera un acabado de laminado en caliente dado que para los metales forjados se suele laminar o estirar consiguiendo mayor resistencia a la fatiga que los metales colados.

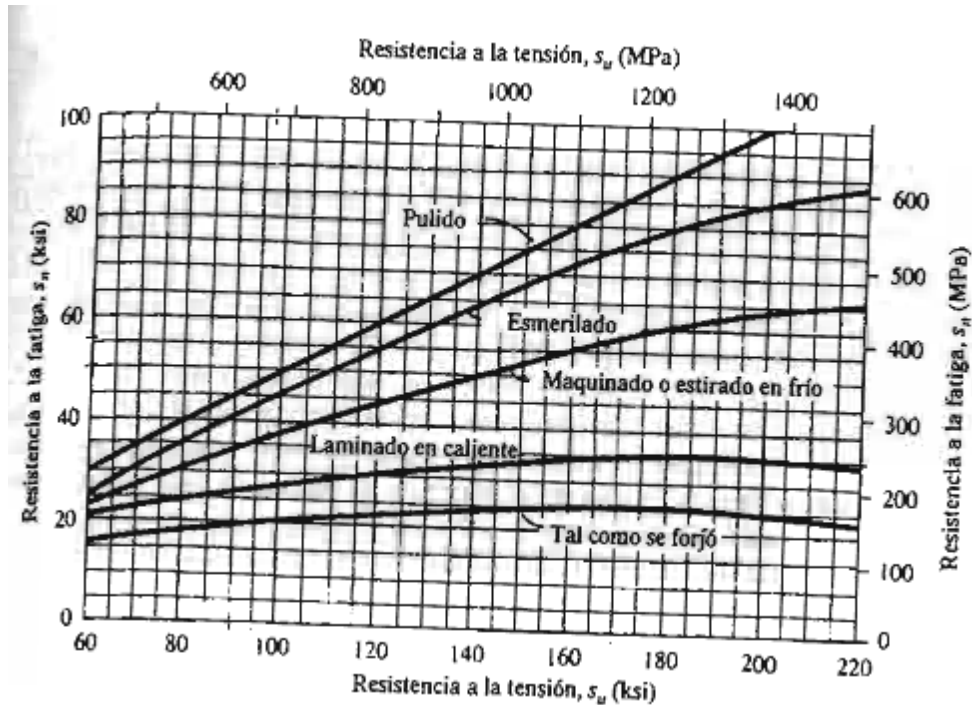


Figura 2-17. Diagrama resistencia de materiales [18].

Teniendo en cuenta lo antes mencionado la resistencia a la fatiga aproximadamente de 25ksi.

Para determinar el factor de material el libro de diseño de elementos de máquinas de Mott sugiere que se use un factor $C_m = 1$ para aceros forjados.

De la misma forma se sugiere un factor de tipo de esfuerzo $C_{st} = 1$ para esfuerzos flexionantes.

Para determinar el Factor de confiabilidad se utiliza la Tabla 2-8:

Tabla 2-8 Factor de confiabilidad [18].

Factores de confiabilidad aproximados C_R	
Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Se selecciona un grado de confiabilidad del 0.99 con un valor de factor de $C_R = 0.81$

Para determinar el factor de tamaño se debe estimar un tamaño de eje aproximado según la Tabla 2-9

Tabla 2-9: Determinación de tamaño de eje [18].

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859 - 0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859 - 0.000837D$

Se estima que el eje tendrá un rango de diámetro entre $7.62 < D < 50\text{mm}$ y para realizar el cálculo se usará una medida máxima de 50mm

Ahora se debe reemplazar el valor del diámetro en la formula expuesta en la Tabla 2-9.

$$C_s = \frac{50^{-0.11}}{7.62} = 0.81$$

Teniendo en cuenta que los factores y la resistencia a la fatiga ya están calculados, se procede a reemplazar estos valores en la fórmula de la resistencia a la fatiga real (S'_n):

$$S'_n = 25 \times 1 \times 1 \times 0.81 \times 0.81 = 16.4025\text{ksi} = 16402\text{psi}$$

Entonces reemplazando por valores tenemos:

$$D = \sqrt{2.94 \times 2.5 \times 460 \times \frac{2}{16402}} = 0.64\text{pulg} = 16.3\text{mm}$$

DIÁMETRO DE EJE EN D CALCULADO FLEXION Y TORSION

Para determinar las dimensiones reales de los ejes que se van a utilizar en la maquina el proceso se debe utilizar la siguiente formula:

$$D = \left[\frac{32 \times N}{\pi} \times \sqrt{\left(k_t \times \frac{M}{S'_n} \right)^2 + \frac{3}{4} \times \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad (2.30)$$

donde:

M = *Maximo momento flector*

T = *torque*

S_y = *Esfuerzo de fluencia*

$$D = \left[\frac{32 \times 2}{\pi} \times \sqrt{\left(2.5 \times \frac{59.93}{16402} \right)^2 + \frac{3}{4} \times \left(\frac{42.30}{27992} \right)^2} \right]^{1/3} = 0.5728 \text{ pulg} = 14.55 \text{ mm}$$

A lo largo de este sub capitulo hemos corroborado que las secciones adoptadas para materializar el eje del rotor son mayores a los calculadas brindando de esta manera un factor de seguridad adicional ante cualquier evento anormal genere sobre tensiones en el sistema.

Brazos portantes

Pensados en tubos rectangulares 100 x 50 x 2 de acero inoxidable AISI 304, son los encargados de mantener el conjunto hidrogenerador ensamblado, estos vinculan desde la lanza de fondeo, pasando por el rotor hasta el flotante en el extremo opuesto.

Su vinculación con el flotante es móvil en uno de los tres sentidos y por una de esas vinculaciones, se transmite el movimiento de rotación del rotor al generador que se encuentra resguardado dentro del flotante.

La sección adoptada responde a la necesidad de espacio para poder, internamente, alojar el sistema de transmisión y además cumplir con los requisitos de impermeabilidad de su cavidad interna, para ello se acudió al uso de retenes y o-rings.

Por lo expuesto, su cálculo no se realizará ya que su sección consideramos sobre dimensionada para los esfuerzos propios del sistema.

Cálculo estabilidad flotante

Al igual que los alabes, el flotante se materializará en fibra de vidrio reforzada (FRP) y su función es mantener el sistema a flote.

Cuando realizamos la consulta de cómo podríamos fabricar los alabes al astillero de Raul Petrolli en Reconquista Sta Fe, nos aconsejaron y dimos por válida la incorporación de una quilla sumergida con la cual se busca que el equipo este siempre alineado con el sentido de la corriente evitando movimientos laterales tipo zig-zag que solo perjudican el rendimiento de la turbina.

Dentro del mismo se alojará el alternador y sistemas complementarios como ser una baliza estroboscópica, caja de conexiones y en su lateral posterior, un cáncamo de amarre secundario.

Hipótesis y planteamiento de trabajo

Para hacer el estudio de la estabilidad en flotación, tenemos que fijar los datos de partida:

$L = \text{Longitud del flotador} = 800\text{mm}$

$A = \text{Ancho del flotador} = 880\text{mm}$

$P = \text{Peso del conjunto generador} = 750\text{N}$

$\rho = \text{Densidad de fluido} = 1020\text{kgf/m}^3$

Además de estos valores, necesitamos obtener los centros de gravedad del flotador y de todo el conjunto.

Las distancias entre los centros de gravedad nos van a marcar los planos en los cuales hay que calcular la estabilidad de flotación.

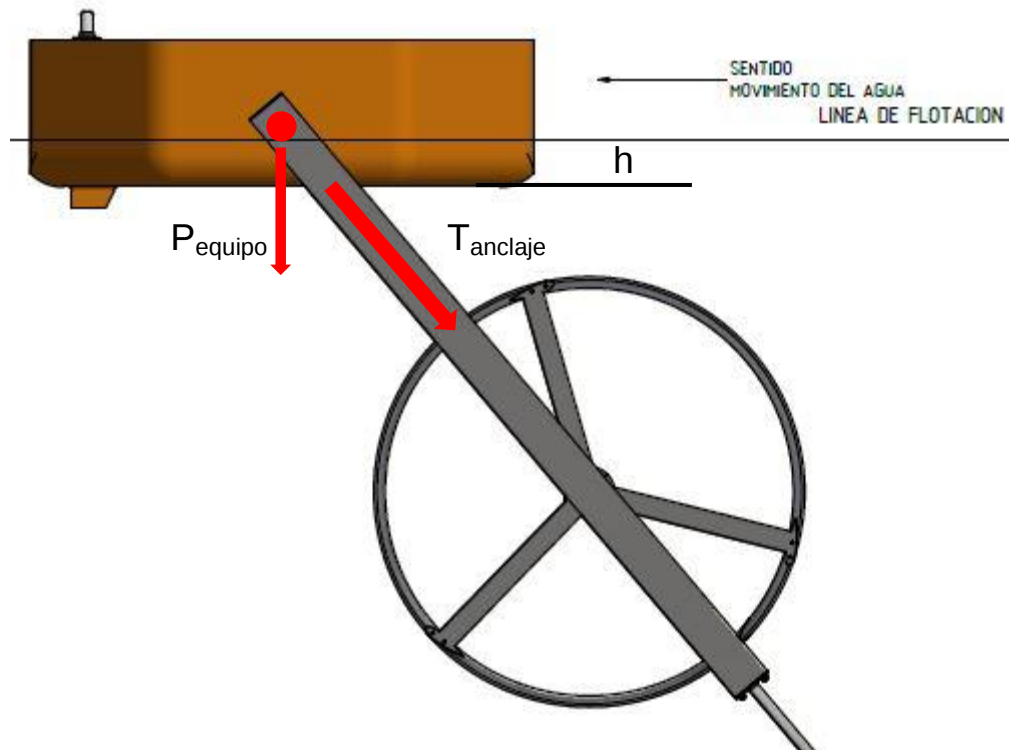


Figura 2-18: Diagrama de esfuerzo flotabilidad [14].

En nuestro caso buscamos la absoluta estabilidad poniendo el centro de tiro o anclaje sobre el eje del centro de gravedad del flotador transversal al sentido del movimiento del agua, esto es posible ya que la vinculación entre las piezas y el flotante son pivotante, generando que dicho punto sea

por donde pasen todos los esfuerzos a los que está sometido el sistema, como ser el peso del equipo, el peso propio del flotante, la tensión de amarre o fondeo, lo cual no genera momento que produzcan el vuelco del equipo.

Para optimizar aún más este resultado, el generador eléctrico que se aloja en su interior, estaría ubicado en el centro del flotante.

Cuando un cuerpo está parcial o totalmente sumergido en el fluido que le rodea, una fuerza de empuje actúa sobre el cuerpo. Dicha fuerza tiene una dirección contraria hacia al peso y su magnitud es igual al peso del fluido que ha sido desalojado por el cuerpo (Principio de Arquímedes).

Por tanto, hallamos la altura del volumen desalojado para saber que altura mínima debe tener el flotador realizando un equilibrio de fuerzas en y:

$$T = \frac{FD}{\sin \alpha} \quad (2.31)$$

$$FD = CD \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^2 \quad (2.32)$$

$$A = A_{rotot} + A_{flotante} \quad (2.33)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Area sometida al empuje del agua

A_{rotor} = area barrida por la acción del rotor = $0,9m^2$

$A_{flotante}$ = area frontal del flotante = $0,88 \times 0,2 = 0,17m^2$

α = angulo del brazo con respecto a la horizontal = 45° (adoptado)

V = Velocidad del fluido

FD = es la fuerza de arrastre [N]

CD = Coeficiente de arrastre [coeficiente de arrastre superficie cilíndrica]

Reemplazando en la Ecuación (2.31) por la Ecuación (2.32) y a su vez esta por la (2.33), tenemos:

$$T_{anclaje} = \frac{\left(0,82 \times \frac{1020}{2} \times (A_{rotot} + A_{flotante}) \times 1,2^2\right)}{\sin \alpha} =$$

$$T_{anclaje} = \frac{\left(0,82 \times \frac{1020}{2} \times (0,9 + 0,17) \times 1,2^2\right)}{\sin 45^\circ} = 911 \text{ N}$$

Pero como solo nos interesa la componente vertical de la tensión para el cálculo de flotación, queda:

$$T_{vertical} = T_{anclaje} \times \cos \alpha = 911 \times \cos 45 = 644 \text{ N}$$

Entonces:

$$Fuerza_{empuje} = P_{equipo} + T_{vertical} = 75kgf + 64kgf = 0,8m^2 \times h \times 1020kgf/m^3$$

$$h = \frac{75kgf + 64kgf}{0,8m^2 \times \frac{1020kgf}{m^3}} = 0,17m$$

Verifica ya que nuestro flotante tiene 300 mm

Capítulo 3 - Instalación

Fondeo

Fondear significa fijar un ancla al fondo mediante un cabo o cadena de manera que mantenga fija la posición del barco u elemento a anclar

Para realizar un buen amarre del sistema de generación, debemos calcular y confeccionar la sujeción de la misma al fondo del río.

Para esto debemos determinar y considerar condiciones a la cual puede estar afectada la turbina de generación como son las siguientes:

- Crecida de río.
- Aumento de la velocidad de flujo.
- Atascamiento de ramas o material a flote.
- Amarre de equipo de mantenimiento.
- Viento.

No solo el equipo está sometido a la fuerza de arrastre que genera por sí mismo, sino que además cuando se deba realizar tareas de mantenimiento y/o reparaciones.

Determinamos de esta manera que el área equivalente total que va a estar sometida a esfuerzo por el flujo de agua.

La fuerza de arrastre (FD) es la suma de todas las fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas en la dirección del flujo del fluido externo, por tanto, actúa opuestamente al movimiento del objeto.

$$FD = CD \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^2 \quad (3.1)$$

donde:

ρ = Densidad de fluido

A = Área de referencia del cuerpo

V = Velocidad del fluido

FD = es la fuerza de arrastre [N]

$CD = \text{Coeficiente de arrastre [coheficiente de arraste superficie cilindrica]}$

$$FD = 0,82 \times \frac{1020}{2} \times 2 \times 1,2^2 = 1205 \text{ N.}$$

En base a este cálculo podemos establecer el peso que tendrá nuestro anclaje en el fondo del río y además determinar los metros de cadena que serán necesarios.

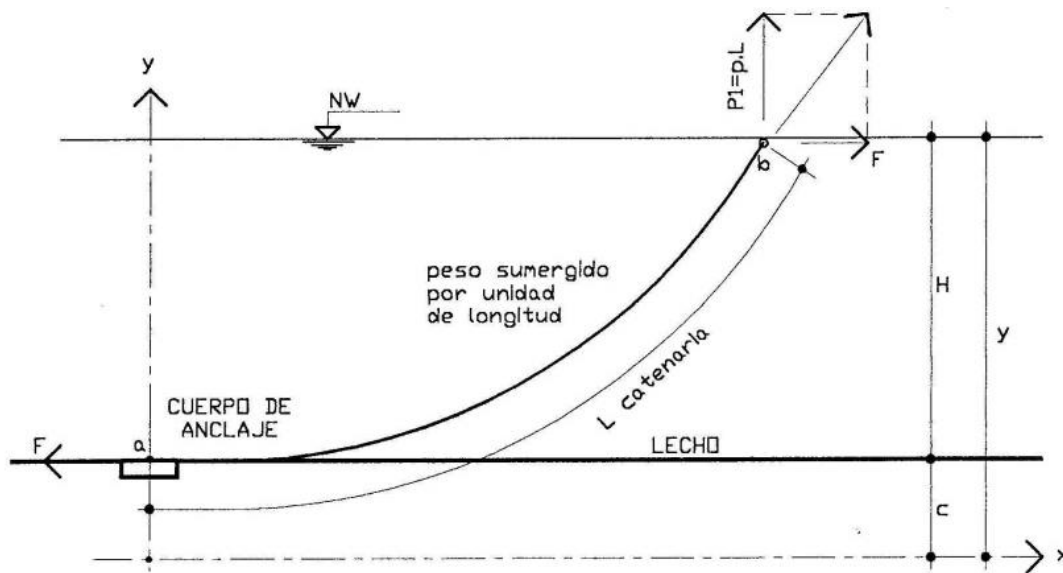


Figura 3-1: Diagrama de fuerzas fondeo [19].

EL cuerpo de anclaje puede ser de diversas formas y tamaño esto depende del tipo de lecho en el cual está asentado y de la carga que debe resistir.

En este caso debe resistir una carga o fuerza de arrastre de 1204 N al cual de aplicamos un coeficiente de seguridad estipulado en 20% más de carga, quedando un total de 1445 N= 147kgf.

Debemos determinar que cadena utilizar para así establecer el peso/metro que tiene una cadena según Tabla 3-1.

Figura 3-1 Tabla comercial de cadenas de acero inoxidable [20]

CADENA DIN 5685 (tipo comercial)					
Ø mm	Paso t mm	b mm	Carga de Trabajo (Kg)	Peso por metro (Kg)	Ref.
2	13	8		0,07	CI2
3	18	11		0,15	CI3
4	21	15	150	0,27	CI4
5	27	19	220	0,42	CI5
6	29	23	275	0,65	CI6
7	31	27	450	0,85	CI7
8	34	31	500	1,12	CI8
10	40	37	1000	1,80	CI10
12	42	41	1350	2,90	CI12
13	45	44	1600	3,45	CI13

CADENA DE ACERO INOXIDABLE EN1.4362 DUPLEX					
Material: Acero Inoxidable EN1.4362 DUPLEX (1.4482 DUPLEX, AISI 316, AISI 304, etc.. fabricación bajo pedido).					
Acabado: Pulido.					
Aplicaciones: Cadena para usos generales (náutica, pesca, industria, alimentación, etc.)					
Norma:					
Las cadenas según esta norma, no son ensayadas con respecto a la resistencia en el sentido de DIN 685 Parte 3, y no deben ser empleadas como medio de elevación de carga, medio de limitación de carrera, ó medio de transporte, en el sentido de DIN 15 003, así como tampoco para la suspensión estática de cargas.					



Seleccionamos el diámetro de eslabón de 6mm, la cadena de acero inoxidable es fundamental ya que la cadena del fondo debe estar siempre sumergida.

De tabla de información técnica, nos indica que el peso por metro es de 0,65Kg/m

Longitud de la línea de fondeo

Si la línea de fondeo es toda de cadena, debemos dejar como mínimo 3 veces la sonda del lugar en metros de cadena. Si la línea de fondeo es mixta, formada por cadena y cabo, debemos dejar cinco veces la distancia de la sonda, y si la línea de fondeo es solo de cabo, debemos filar diez veces la distancia de la sonda. Si las condiciones de mar y viento se hacen complicadas, hemos de aumentar estas distancias mínimas.

En base a estas estipulaciones de técnicas y maniobras de fondeo, estipulamos un largo de cadena mínimo de 15 metros que corresponde a una altura de sonda de 5 metros.

En caso de mayores profundidades, se adicionaría un metro de cadena por metro de sonda adicional.

Tensión en la cadena:

$$T = \sqrt{F^2 + P1^2} \quad (3.2)$$

donde:

$$P1 = Pc \times L \quad (3.3)$$

$$F = FD \quad (3.4)$$

Reemplazando en la Ecuación (3.2) por la Ecuación (3.3) y a su vez esta por la (3.4), tenemos:

$$T = \sqrt{147^2 + (0.65 \times 15)^2} = 147.3 \text{ kgf} < 275 \text{ kgf}$$

Esta es la tensión a la cual está sometido el último eslabón de la cadena la cual es inferior a la carga de rotura de la cadena seleccionada.

Con este cálculo establecemos la forma y peso del cuerpo de anclaje, la forma del mismo debe ser un volumen con forma de cubo ya que de esta forma se adapta a cualquier tipo de fondo o lecho de río.

	TIPO «DE VENTOSA»			TIPO «CUADRADO»			TIPO DE «HORMIGÓN»		
ANCLAJES									
Utilización	FONDOS DE FANGO O ARENA			FONDOS DE ROCA			TODOS FONDOS		
Kilogramos	Ø	H	Ø'	Ø	H	Ø'	Ø	H	Ø'
250	770	180	40	500	270	40	700	320	40

Figura 3-2: Tipos de fondos de anclaje [19].

Según los cálculos desarrollados debemos determinar una fuerza que retenga 147kgf. A la cual debemos compensar el peso de la cadena que en este caso es 9.75Kgf.

En este caso nuestro cuerpo de anclaje debe tener un peso a calcular por la Ecuación (3.5)

$$P_{ca} = FD - P_{cad} \quad (3.5)$$

quedando:

$$P_{ca} = 147 - 9.75 = 137.25Kg$$

Establecemos que el cuerpo debe pesar 140 Kg, lo cual nos garantiza un 100% de capacidad de anclaje del equipo hidrogenerador, cuyo volumen se da por la Ecuación (3.6)

$$P_{ca} = \rho * Vol \quad (3.6)$$

Donde la densidad de hormigón armado seco es de 2500Kg/m³

$$Vol = P_{ca} / \rho$$

$$Vol = \frac{140}{2500} = 0.056 \text{ m}^3$$

Para establecer las dimensiones, debemos tener en cuenta que el peso del cuerpo debe ser mayor ya que al sumergirlo, el agua genera un empuje hacia arriba de magnitud igual al peso del volumen del líquido desplazado.

Base: 450x450 mm

Altura: 350 mm

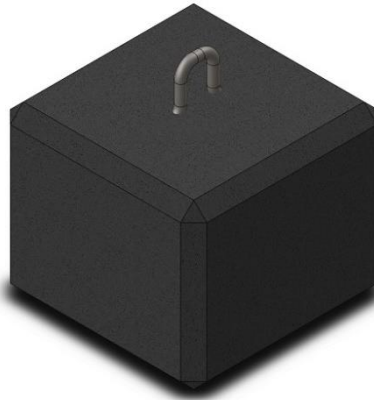


Figura 3-3: Fondo o muerto de hormigo [14].

VERIFICANDO:

$$P_{ca} = (2500 \frac{Kg}{m^3} - 1000 \frac{Kg}{m^3}) * (0.5 * 0.5 * 0.4)m^3 = 150Kg.$$

Controlador de carga, almacenamiento e inversores

Controlador de carga

Es uno de los elementos dispensable para la generación de enérgica doméstica, es el encargado de recibir energía eléctrica corriente DC proveniente de la turbina y realizar una carga de baterías controlada. El control que realiza el dispositivo es debido a que la corriente del río no es constante.

La gestión de proceso de carga se apoya en un avanzado algoritmo MPPT. La tecnología MPPT permite una mayor eficiencia energética que los reguladores normales y garantiza la recarga e incluso en situaciones de baja potencia hidrocinetica.

El controlador hibrido incorpora la protección de sobrecarga cortocircuito, inversión de polaridad, reconexión de apagado automático.

La conexión es directa al banco de baterías y como se puede observar en la imagen a continuación este controlador tiene la posibilidad de hacer una conexión directa a una red de iluminación o agregar en el sistema otra tecnología de generación en este caso la fotovoltaica.



Figura 3-4: Controlador de carga de baterías [21].

Sistema de almacenamiento de energía

Este trabajo también está enfocado a revisar las tecnologías apropiadas para el almacenamiento de electricidad, por tratarse de un tema aún no resuelto en aplicaciones a escala industrial.

El almacenamiento de energía nos permite satisfacer la demanda incluso cuando existe un desfase con respecto a la generación.

Por tratarse de una instalación doméstica, utilizar bajos valores de potencia, y siendo una de las tecnologías más desarrolladas, en este caso en particular seleccionaremos el almacenamiento químico utilizado en baterías.

Dentro de este gran campo de las baterías podemos detallar varias categorías.

- Baterías de plomo – ácido.
- Baterías de Níquel.
- Baterías de Ion-Litio.
- Baterías de sales fundidas.

Lo que diferencia cada una de las categorías es la relación costo – beneficio, teniendo en cuenta que el desarrollo de este trabajo que es para instalaciones de baja producción eléctrica y de consumos bajo como es el caso de una casa tipo. La mejor opción es desarrollar el almacenaje por medio de baterías de carga profunda. Ya que cada una de las demás formas de almacenajes tiene un costo superior y llevan una infraestructura y mantenimiento superior a una batería química.

Para la selección de la batería debemos tener en cuenta la potencia instalada en la vivienda con lo cual estipularemos la tensión de trabajo nominal del sistema según Tabla 3-2:

Tabla 3-2: Tabla comparativa Potencia Vs Aplicación de corriente continua [17]

Potencia instalada	Tensión nominal del sistema
$P \leq 900\text{w}$	12 Vcc
$900 < P \leq 1600\text{w}$	24 Vcc
$1600 < P \leq 3200\text{w}$	48 Vcc
$P > 3200\text{w}$	120 a 300 Vcc

Como interconectar baterías

Cuando conectamos más de una batería en cualquier banco, se suelen producir errores típicos de conexiones, los cuales, aunque el sistema funcione perfectamente (al principio), a corto plazo nos encontraremos con problemas debido a una conexión no óptima de estas baterías.

Evitar conectar las baterías en paralelo ya que las imperfecciones intrínsecas de los materiales, las pequeñas variaciones en la fabricación, además de los diferentes factores físicos que afectan a las baterías, hacen que no haya 2 baterías iguales.

Cuando conectamos baterías en paralelo, como se ve en la imagen, creamos un circuito cerrado entre las baterías, que permite el paso de corrientes de desequilibrio (debidas a las diferencias entre baterías y conexiones) que circulan de una batería a otra para intentar equilibrarlas.

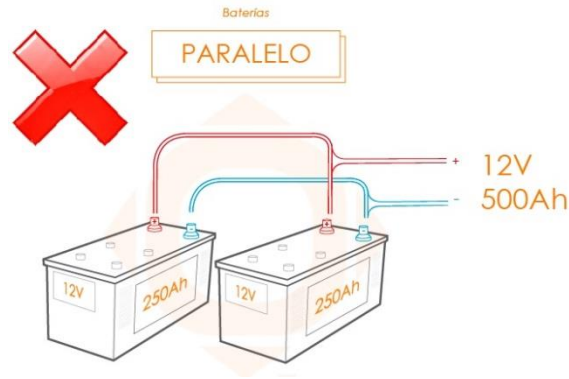


Figura 3-5: Conexión de baterías [21].

Estas corrientes de desequilibrio se producen de forma permanente, aunque no haya ningún consumo conectado y por lo tanto aceleran el proceso de degradación de las baterías.

Cuanto mayor sean las diferencias entre baterías y conexiones, mayores serán estas corrientes de desequilibrio y mayor será la degradación producida.

El resultado es una sobrecarga de la batería más cercana a la entrada de corriente y una mala carga de la batería más lejana. En otras palabras, la primera batería se cargará con mayor corriente y tensión que la batería más alejada resultando que la batería primera trabajará más y fallará prematuramente.

En caso de ser imprescindible conectar las baterías en paralelo es imperativo realizar bien las conexiones para minimizar el efecto negativo de la conexión en paralelo:

- Conexión en diagonal: Entramos por la batería más cercana y salimos por la más alejada para conseguir un flujo de corriente igualitario.
- Tipo colector: Los cables de salida tienen que tener la sección resultante de la suma de cada rama. Las longitudes y secciones de todas las ramas tienen que ser idénticas para evitar diferentes resistencias en las conexiones.
- Punto Medio: Los cables de salida se conectan al punto medio de la batería.
- Con barras de CC: Unión de los paralelos mediante embarrado de CC. Esta sería la conexión más correcta.

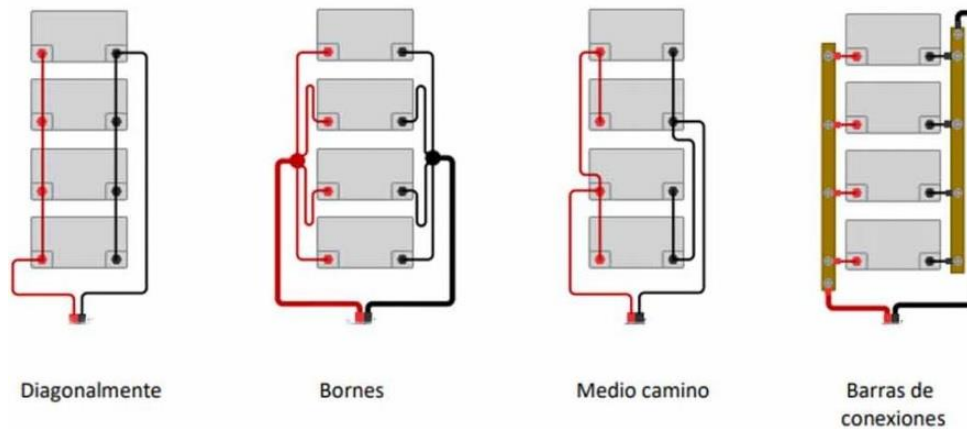


Figura 3-6: Diferentes métodos de conexión [21].

La forma correcta es conectar las baterías en serie, de esta manera solamente permite el paso de corriente cuando hay consumo. Cuando no hay ningún consumo las baterías se mantienen en reposo.

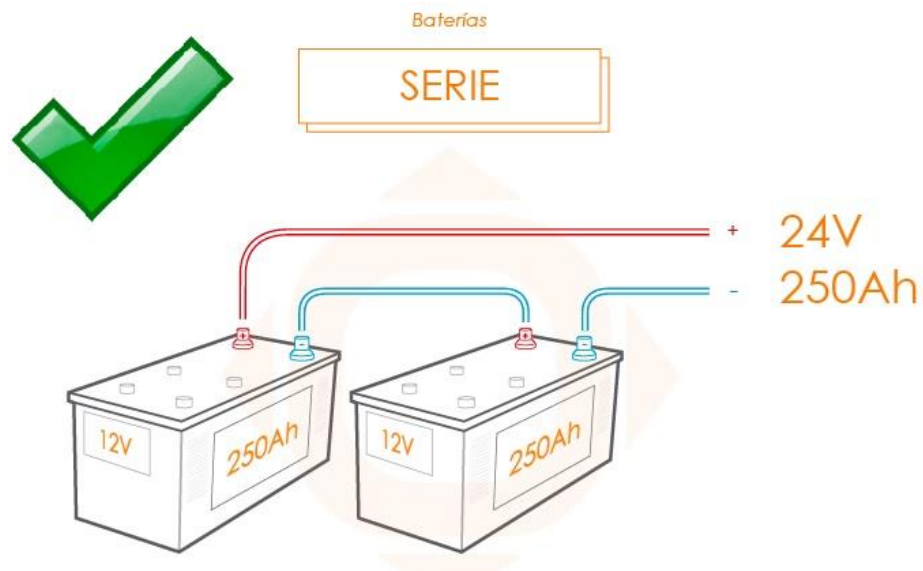


Figura 3-7: Conexión de baterías [21].

Para obtener el conjunto con la tensión deseada, conectamos baterías en serie de iguales capacidades para sumar las tensiones.

Para obtener la capacidad deseada en el conjunto deberemos seleccionar la capacidad de cada batería (idénticas) acorde a nuestras necesidades.

Por ejemplo, si necesitamos una batería de 250Ah a 12V tenemos 2 opciones:

- Conectar en serie 2 baterías de 6V y 250Ah cada una para obtener el conjunto de 12V y 250Ah
- Elegir una batería de 12V y 250Ah
- Si queremos un conjunto de 250Ah a 24V conectaremos 2 baterías de 12V y 250Ah en serie

Ubicación de baterías.

Cuando se realiza la conexión de banco de baterías se deben tener en cuenta instrucciones básicas de seguridad, en especial cuando se trata de baterías que no son del tipo sellada.

Uno de los tipos más comunes de baterías para instalaciones estacionarias y domiciliarias de bajo consumo son las de tipo ácido – plomo. Sea este tipo o cualquier de baterías es fundamental no ubicar equipos eléctricos sobre ellas.

Un punto importante a tener en cuenta también en este tipo de baterías es el calor. Ya que el aumento en la temperatura provoca una aceleración en el envejecimiento de la batería.

En la Figura 3-8 podemos observar la relación entre la capacidad, la temperatura y la vida útil de una batería de plomo ácido

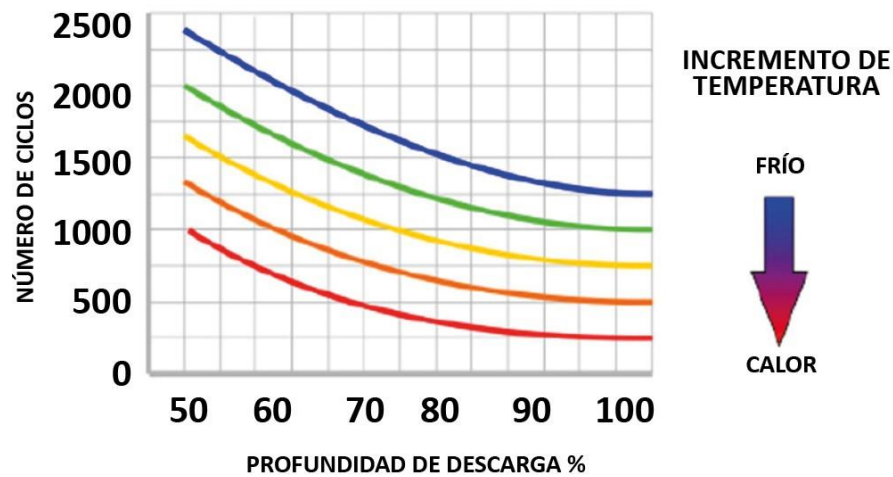


Figura 3-8: Curvas de relación capacidad temperatura y capacidad [21].

Cálculo banco de baterías

Para desarrollar en cálculo del banco de baterías debemos tener en cuenta la energía consumida por día en la vivienda, como se desarrolló en la tabla 2-1 página 26, de la cual obtenemos los siguientes valores:

- Potencia total de la vivienda: 843 W. (Tabla 2-1)
- Energía total de la vivienda: 5421 Wh/días. (Tabla 2-1)

Como nuestra potencia total es menor a 900W, la tensión nominal del sistema según Tabla 3-2, es de 12V

Además, como es una instalación aislada, deberíamos tener en cuenta el almacenamiento de energía por algún evento que detenga la generación de energía, ya sea por mantenimiento, poco caudal de río, o falla en el sistema de generación.

Ante esta situación se nos presenta dos alternativas, calcular un banco de baterías para alimentar el sistema mientras el equipo generador este detenido o simplemente enganchar a la línea un generador eléctrico de combustión interna.

Analizando el mercado de baterías y de estos equipos de combustión interna, su vida útil, consumo, deterioro, espacio físico, es que optamos y por la disponibilidad de un generador de combustión interna para las nombradas situaciones, estos equipos tienen

mayor durabilidad en el tiempo y levemente más económicos de adquirir para la potencia necesaria.

En base a esta determinación el cálculo de banco de baterías debemos realizarlo solo para los momentos en el que el consumo esté por encima de la energía generada, como son los picos de arranque de heladera, bomba o ventiladores.

En vista de lo expuesto hasta el momento, la batería solo cumple la función de respaldo de potencia ante picos de consumo por lo cual y a modo de maximizar la inversión, mercado accesible, bajo costo y vida útil, seleccionamos lo siguiente:

- Cantidad: 2 baterías
- Marca: MOURA
- Modelo: 12MF105
- Capacidad: 105Ah
- Voltaje: 12V

De esta manera considerando una profundidad de descarga del 65% e ingresando a la tabla del fabricante vemos que ambas baterías no pueden brindar durante 3 horas de mantenimiento, $269W \times 2 \text{ Bat} = 538W \times 65\% = 350W$.

Tabla 3-3: Tipo y modelos de baterías [22].

Watts a 25°C en diferentes regímenes																		
Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
12MF36 12MC36	22	35	40	43	47	52	65	62	67	73	91	91	105	126	164	197	234	401
12MF45 12MC45	28	44	50	54	59	65	81	78	85	92	116	114	132	159	206	248	293	502
12MF63 12MC63	39	62	70	76	82	91	113	109	118	129	160	160	184	221	288	345	410	699
12MF105 12MC105	65	103	117	126	137	152	188	182	197	214	269	266	307	369	480	577	683	1168
12MF150 12MC150	93	153	166	179	195	215	258	258	278	303	366	375	432	519	672	807	975	1623
12MF175 12MC175	108	173	192	207	225	248	300	299	322	351	425	435	502	604	783	941	1139	1901
12MF220 12MC220	136	216	240	259	282	311	376	374	403	439	533	544	628	754	977	1174	1420	2368

Como conclusión, durante 3 horas, las baterías son capaces de brindarnos las mismas potencias que el sistema hidro-generador para afrontar el tiempo de mantenimiento.

Además, tenemos dos baterías conectadas en serie lo cual es recomendable como pudimos analizar en apartados anteriores.

Inversor

Un inversor es dispositivo electrónico capaz de transformar una corriente continua DC en una corriente alterna AC a un voltaje y frecuencia determinado. Si debemos alimentar electrodomésticos que funcionan con corriente alterna de 220V a 50Hz de frecuencia, pero no tenemos a disposición la corriente alterna de red, entonces gracias al inversor y con una fuente de corriente continua como es una batería de 24V DC. Por esta razón es indispensable utilizar un inversor para alimentar cada uno de los dispositivos eléctricos electrónicos y electrodomésticos.

Tipos de inversores

Existen varios tipos de inversores, en este caso solo vamos a tener en cuenta según la señal de salida. Para este caso solo existen 3 tipos, y son los siguientes.

- Onda cuadrada. Tiene un rendimiento bajo y pueden generar ruido, siendo no apto para motores de inducción. Pero una gran diferencia es el bajo costo. Lo representamos en el gráfico a continuación en color magenta.
- Onda senoidal modificada. En este caso el ancho de onda es modificado para poder aparentar o ajustarlo en la mejor medida a una onda senoidal. De todos modos, no llega a ajustar el total de la onda en su mejor medida. Sin embargo, tiene un mayor rendimiento y menos armónico que el de onda cuadrada. En el esquema está representado en el color azul.
- Onda senoidal pura. Son mucho más eficientes que los anteriores y permite el uso en cargas sofisticadas. Son de un costo más elevado y conllevan una electrónica más sofisticada. En su mayoría llevan micro controladores para generación de señales lógicas. que hacen que la onda sea una senoidal.

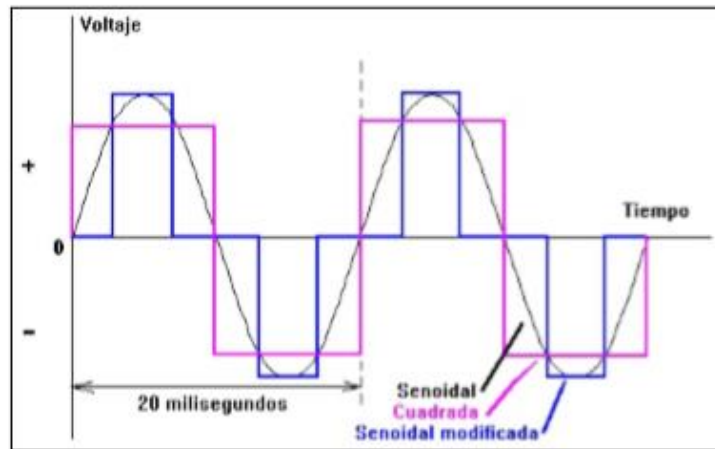


Figura 3-9: Diagrama de curva de salida de cada inversor [17].

Funcionamiento de un inversor

Un inversor lo que realiza es una transformación de energía. Un inversor puede obtener corriente alterna de una corriente continua. Su función es simular a la de un alternador, ya que este es una maquina eléctrica giratoria que transforma la energía mecánica en energía eléctrica a través del fenómeno que la inducción electromagnética. Este fenómeno en su forma más simple no es más que una bobina y un imán giratorio a su lado. Cuanto más cerca gire el imán de la bobina, este inducirá una corriente en la misma que fluirá en la dirección contraria al giro del imán. De esta manera se genera la corriente alterna.

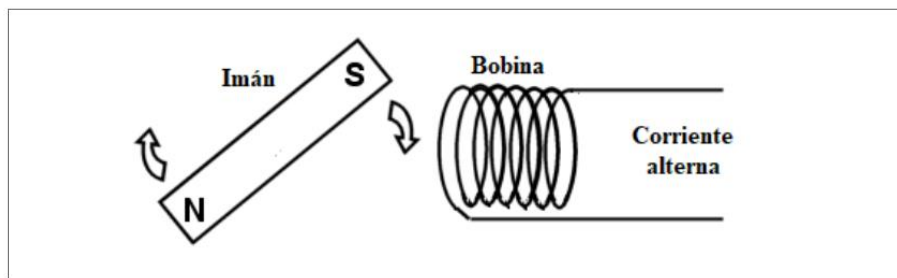


Figura 3-10: Esquema de alternador [23].

Un transformador también genera una corriente inducida en una bobina, pero en este caso no la induce un imán, sino que la realiza una bobina, en este caso la bobina primaria que tiene una corriente alterna que fluye en ella. Cuando una corriente fluye a través de una bobina esta se comporta como un imán y genera un campo magnético. Si la dirección de la corriente cambia, también lo hace la dirección del campo magnético.

La utilidad de un transformador es que la tensión en la bobina secundaria no es igual que la tensión en la bobina primaria. Si las espiras en la bobina secundaria es el doble que en la bobina primaria entonces su tensión será el doble. De esta manera podemos producir la tensión o voltaje que más nos interese dependiendo del tamaño de las bobinas.

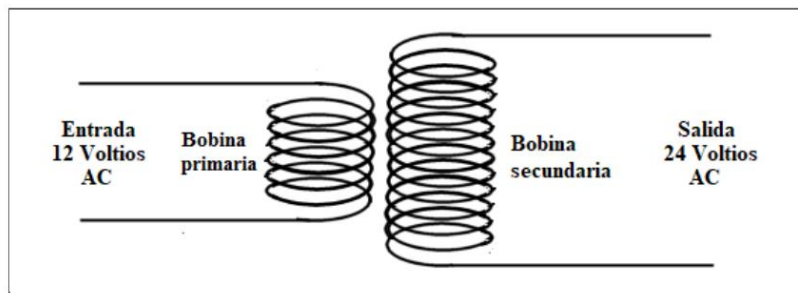


Figura 3-11: Esquema de un transformador [23].

Inversor de onda cuadrada

En el caso de hacer fluir una corriente continua por la bobina primaria, no vamos a inducir ninguna corriente en la bobina secundaria, ya que la tensión no cambia de dirección, y el campo magnético no cambia de dirección.

Una manera de obtener un inversor de onda cuadrada es invirtiendo, continuamente y rápidamente el sentido de la corriente continua cuando circula por la bobina primaria. La frecuencia de este inversor depende de la velocidad en el cambio de dirección de la corriente.

Para realizar este cambio rápido en la dirección de la corriente continua es necesario utilizar un circuito de transistores, o mejor aun utilizando un MOFET o de tiristores IGBT, estos son mucha más eficientes.

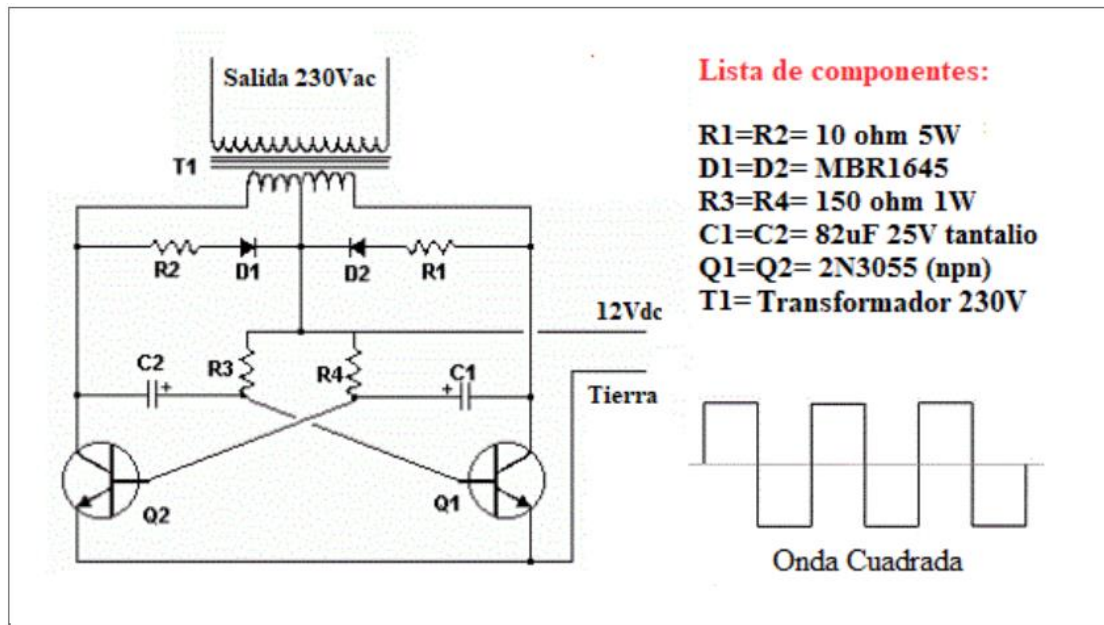


Figura 3-12: Diagrama de inversor de onda cuadrada [23].

Los transistores Q1 y Q2, así como el transformado T1 son los que determinan cuanta potencia puede suministrar el inversor. Q1 y Q2 son transistores 2N3055 y el T1 es un transformador de corriente máxima 15A, en este caso el inversor puede suministrar una potencia de 300W.

Este inversor absorbe mucha corriente de las baterías por lo que es recomendable colocar un interruptor automático, para que en cuanto caiga del umbral saque de servicio a las baterías. Además, es importante colocar un fusible para proteger las baterías.

Inversor de onda sinusoidal pura.

Para poder obtener una onda sinusoidal a la salida de nuestro inversor, debemos aplicar una corriente sinusoidal a la salida. Para poder producir una onda sinusoidal a la entrada debemos colocar un oscilador. Uno de los osciladores más simples que se puede realizar es el puente Wien con transistores FET. En la salida logramos una salida estable gracias a la retroalimentación.

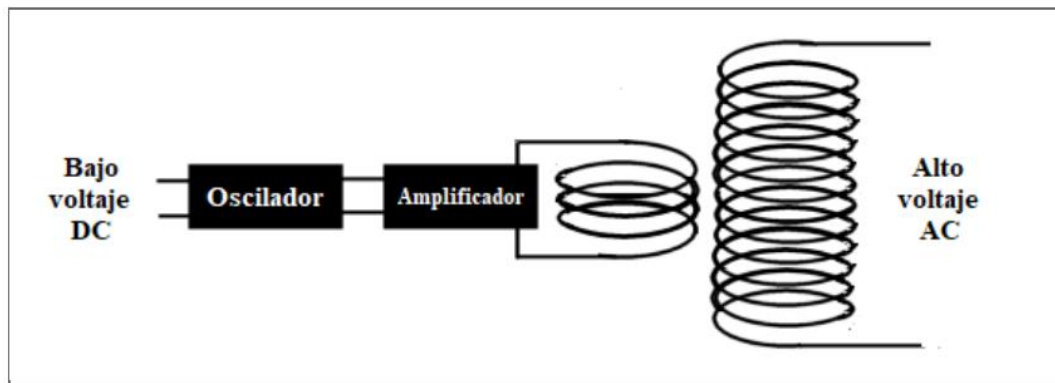


Figura 3-13: Diagrama de inversor de onda sinusoidal pura [23].

En la mayoría de los circuitos oscilante la intensidad en la salida es baja. Esto no es suficiente para inducir una corriente en la bobina primaria, por lo que debemos colocar un amplificador para que la corriente en la bobina primaria sea lo más alta posible. El transformador no realiza una labor determinante, a medida que la tensión aumenta la corriente disminuye y la potencia se mantiene estable (despreciando la pérdida en el transformador). En definitiva, si se quiere obtener 2Kw de corriente alterna, debemos suministrar 2Kw de corriente continua.

En el mercado se puede encontrar inversores gestionados por microcontroladores y se basan en el funcionamiento en la modulación del ancho de pulso. El sistema puede retroalimentarse y proporcionar una tensión estable antes las variaciones en la tensión en la entrada.

Inversor Híbrido

Este tipo de inversor está compuesto por: Inversor de Onda Pura + Cargador de baterías + Regulador de Carga

El inversor cargador, es más que un inversor/cargador; es un elemento central en la instalación desde el cuál se va a gestionar las diferentes secciones ya que incorpora un inversor, un cargador y unos reguladores de carga, todo en uno.

Gestiona de manera óptima la energía de las baterías, red eléctrica o generador para lograr un sistema aislado sin cortes de luz, capaz de mezclar 3 fuentes diferentes de energía (hidrocinética, batería, red) de la manera más eficiente.

Selección de inversor

En la selección de nuestro inversor debemos tener en cuenta nuestra potencia instalada y la tensión nominal del sistema.

Para la selección de nuestro inversor debemos tener en cuenta la potencia instalada en la vivienda además de mantener un margen por futura ampliación o conexión de más artefactos eléctricos.

Por esta razón seleccionamos un inversor híbrido (inversor cargador) de 3000W.

- Inversor Cargado marca : ENERTIK
- Modelo: ICB-1KW-12.

Este inversor entrega una onda senoidal pura además de tener la opción de controlar la carga de la batería por medio de instalación de red, generador a combustión o en nuestro caso por medio de la turbina hidrocinética. Cabe aclarar que en nuestro caso no tenemos conexión a la red de interconexión nacional.

Instalación eléctrica domiciliaria.

Para el desarrollo de la instalación se tuvo en cuenta la norma provincial de Santa Fe.

Mediante el programa CadeSimu se diagramo el esquema de la instalación eléctrica.

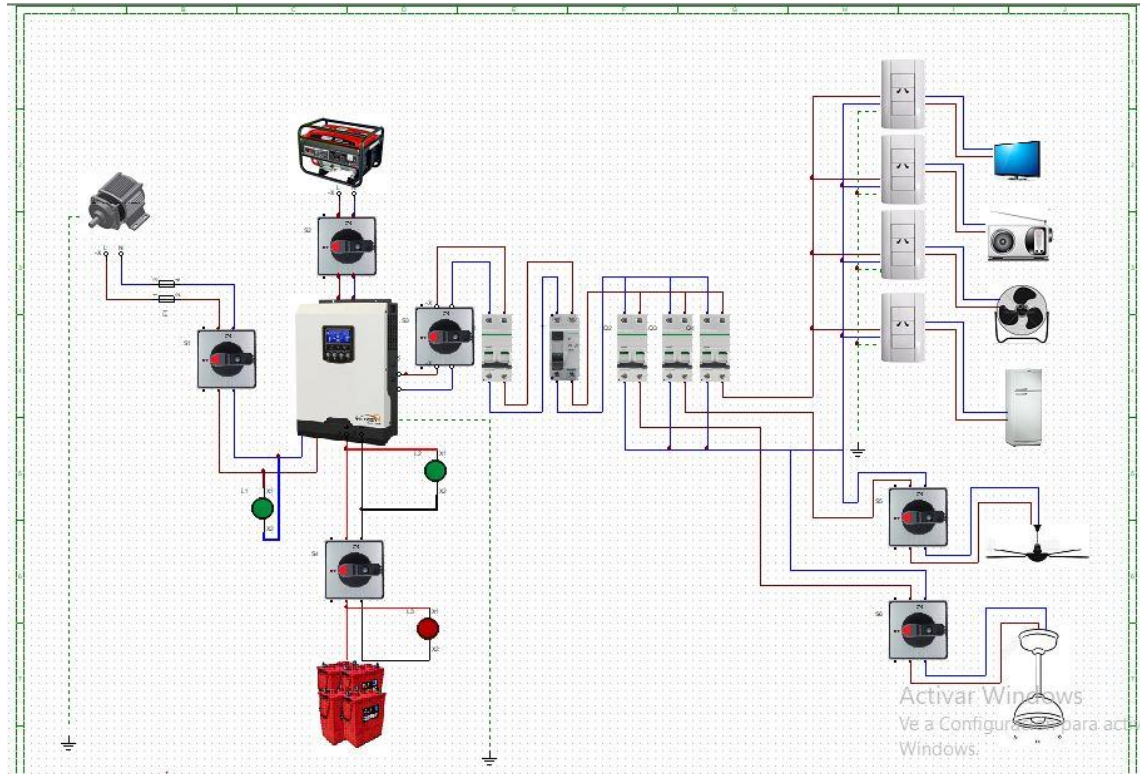


Figura 3-15: Diagrama domestico de instalación eléctrica auto abastecido [14].

En el diagrama podemos observar los componentes que conforman la instalación eléctrica básica de la vivienda, y donde también se puede divisar la alternativa de consumo de baterías, por método directo o en caso de no contar con energía verde, la opción del generador mediante combustible fósil.

Tabla 3-4: Listado de artículos eléctricos [14].

Item	Description	Candida	Marca	Modelo
1	Generador	1	Wing Zilla	24VAC2000W
2	Inversor - Cargador - Regulador	1	Enertik	ICb-1KW-12
3	Baterías	2	Moura	12MF105
4	Generador a combustion	1	Honda	Eu30Is
5	Interreptor 2 puntos	4	Elibet	40002/0
6	Cable 2x6	50	Argencable	Subteraneo
7	Cable 1x35	10	Argencable	Subteraneo
8	Luz ojo de buey verde	4	AEA	AD22-22DS
9	Luz ojo de buey roja	1	AEA	AD22-22DS
10	Termomagnetica 40A	1	SICA	C40
11	Termomagnetica 20A	3	SICA	C20
12	Disyuntor diferencia 2 x 40	1	SICA	SCPD40

En base a estos materiales eléctricos, el listado de artefactos que posibilitan el consumo de la generación de la baterías, podemos decir que este proyecto es viable para su uso.

Capítulo 4 - Conclusiones

Conclusión

Durante el desarrollo del proyecto fuimos estableciendo y adoptando criterios para el diseño, los cuales en base a experiencias, trabajos experimentales e información académica llevaron al resultado dando forma a la turbina.

Este resultado determino que el modelo de turbina es del tipo Gorlov, la cual nos entrega una eficiencia deseable en relación a lo demás modelos, aparejada con el modelo de alabe en este caso en NACA 0021 que eleva en mayor medida la eficiencia del sistema. La disposición de los alabes hace que el sistema sea más uniforme durante el giro y transmisión de torque, teniendo una disminución en la transmisión del torque ya que la carga de del fluido en incidencia con el alabe no se realiza en el total de la línea, sino que en un sector de carga puntual.

En base a los cálculos determinamos que la turbina debía estar totalmente sumergida, esto no fue la planteado al comienzo del proyecto ya que la misma iba a ser flotante. De esta manera se desarrolló un flotador el cual es receptáculo donde está el generado trifásico que transforma la energía mecánica en eléctrica.

La región del litoral y pampa húmeda cuentan con afluentes muy importantes de agua dulce los cuales son un recurso que hoy en día no se aprovecha para generaciones puntuales o de baja carga. Las poblaciones de las islas, trabajadores, pescadores, pesca deportiva o recreativa cuentan con casa, paradores a la orilla de río que para disponer de energía eléctrica utilizan generadores de combustión interna que son caros de adquirir y caros para generar energía. El desarrollo de este proyecto está enfocado puntualmente a esa bajos consumo y puntuales. Está pensado para una generación 24 horas del día los 365 días del año.

Respecto a costos no se desarrolló un desglose total del proyecto, se priorizo durante todo el proceso el costo y beneficio de cada material optimizando medidas y formas. Se sabe que inicialmente la inversión es elevada, pero en comparación a la compra de un generador a combustión, el consumo de nafta o un banco de baterías, el proyecto es totalmente viable y rentable en breve tiempo.

Recomendaciones

Estudiar y desarrollar este modelo para ríos con más caudal y velocidad de fluido.

Utilizar tecnología en software de avanzada para el cálculo finito en velocidades de fluido y pérdida por vórtices.

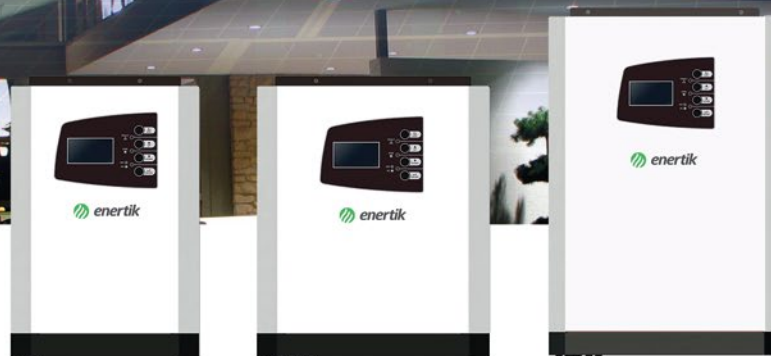
Ajustar el costo del producto, ya que se pueden disponer de tecnologías más económica en países más desarrollado.

Bibliografía

- [1] Manual de energías renovables – Mini Centrales Hidroeléctricas.
- [2] Los Autores.
- [3] Vermaak et al (2014)
- [4] M. Fleitzinger – Flow Driver Analysis of Darrieus Water Turbine.
- [5] M. Shiono – Output characteristic of Darrieus water turbines with helical blades for tidal current generation.
- [6] Dirección Nacional de vías navegables – Delegación Paraná Inferior
- [7] www.argentina.gob.ar/enre/uso-eficiente-y-seguro-consumo-basico-electrodomesticos
- [8] F. White – Mecánica de Fluidos.
- [9] Alexander M. Gorlov - Turbina helicoidal y seguridad de los peces.
- [10] Optimization of helical turbine in log head applications.
- [11] Guillermo Andrés Colina Ortiz – Diseño de un rotor hidrocinetico tipo Gorlov.
- [12] Diseño y ensayo de una turbina Gorlov para extracción de energía en canales.
- [13] M.V. Chan - Technology review and simulation based performance analysis of river current turbine systems.
- [14] Los autores.
- [15] www.skf.com
- [16] Mauricio Carrillo – Característica de un generador de flujo axial para aplicaciones en energía eólica.
- [17] www.greenenergystar
- [18] Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Maquina. Cuarta edición.
- [19] Caterina y Fondeo (www.latabernadelpuerto.com)
- [20] Fábrica de cadenas “Katiak”
- [21] Tienda Solar Fotovoltaica Autosolar (www.autosolar.es)
- [22] Catálogo de baterías estacionarias (www.moura.com.br)
- [23] www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html

Anexos I.

En el siguiente anexo presentamos los planos y fichas técnicas.



Los inversores y cargadores línea ICB con regulador PWM incorporado tienen una atractiva relación precio / calidad, y poseen un diseño de alta eficiencia le permite un considerable ahorro energético.

Además, son equipos robustos, aptos para operar bajo condiciones severas, con función de arranque en frío y con la posibilidad de operar continuamente las 24 horas.

Estos equipos tienen un rango de voltaje de entrada es seleccionable, y el cargador automático de baterías es de 3 etapas.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Modelo	ICB-1K-12	ICB-2K-24	ICB-3K-24	ICB-5K-48
Potencia continua	1000VA / 1000W	2000VA / 2000W	3000VA / 3000W	5000VA / 5000W
Entrada				
Voltaje nominal	230 VCA			
Rango de voltaje aceptable	170~280VCA			
Frecuencia	50 / 60Hz (reconocimiento automático)			
Salida				
Regulación de voltaje (inversor)	230VCA ± 5%			
Potencia de pico	2000VA	4000VA	6000VA	10000VA
Batería				
Voltaje de batería	12VCC	24VCC	24VCC	48VCC
Eficiencia	13.5VCC	27VCC	27VCC	54VCC
Forma de onda	16VCC	32VCC	32VCC	63VCC
Cargador y regulador solar				
Tipo de regulador	PWM			
Potencia máxima de panel	600W	1200W	1200W	2400W
Voltaje de entrada máximo	55VCC	80VCC	80VCC	105VCC
Corriente máxima - regulador solar	50A			
Corriente máxima - cargador	20A	20A	25A	60A
Corriente máx. de carga	50A	50A	70A	110A
Datos generales				
Puerto de comunicación	USB / RS232			
Dimensiones (LxAxA) en mm	88 x 225 x 320		100 x 285 x 334	100 x 300 x 440
Peso neto (Kgs)	5		6.3	8.5

GENERALES ELÉCTRICAS

Forma de onda	Senoidal pura
Tiempo de transferencia	20ms
Eficiencia	90 ~ 93%
Autoconsumo en Stand-by	2W

AMBIENTE

Temperatura de operación	-10°C ~ 50°C
Humedad relativa	5 ~ 95% (sin condensación)

ACCESORIOS



Interfase de monitoreo web SNMP
ICBA- SNMP



Interfase de monitoreo web WiFi
ICBA-WIFI y ICBA-WIFI-MOD



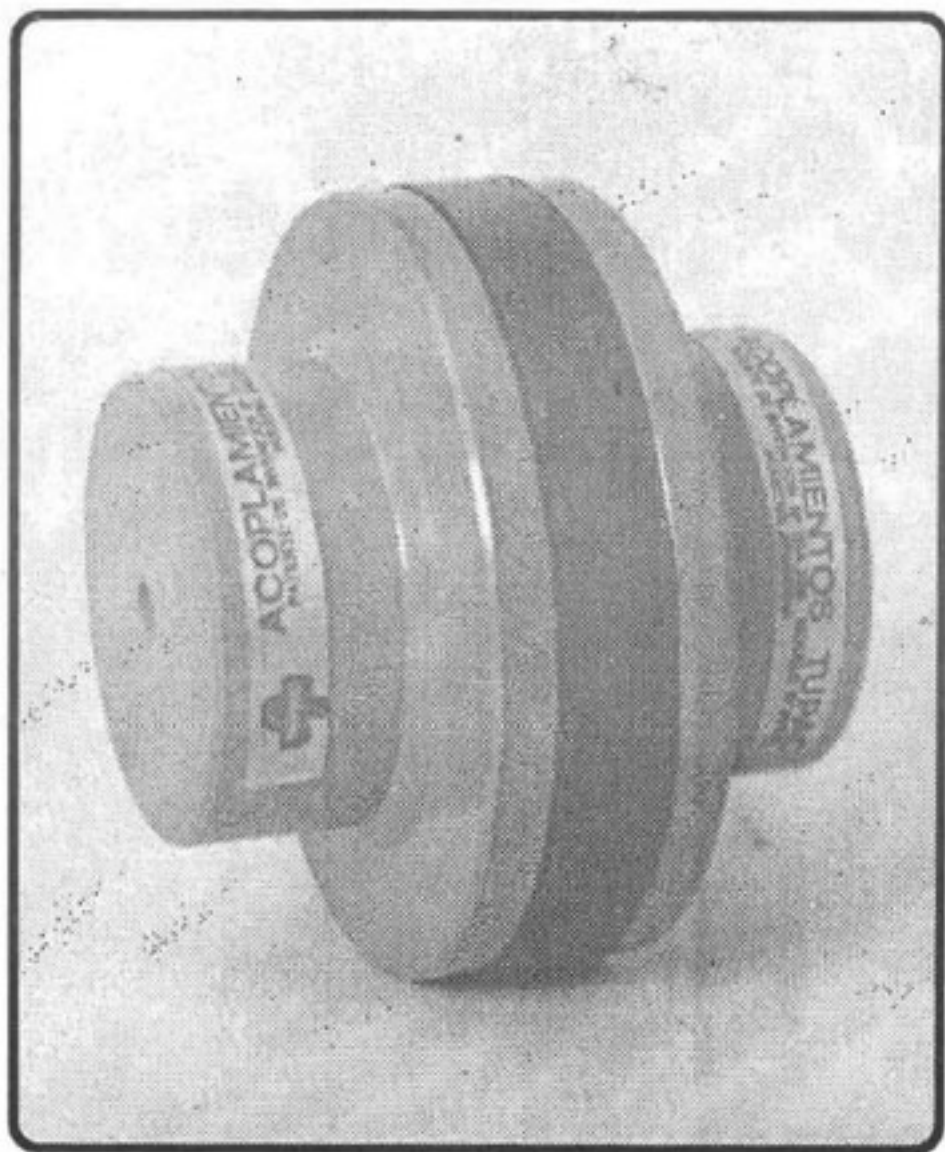
Filtro antipolvo para ICB-3K-24
ICB- D3



Filtro antipolvo para ICB-5K-48
ICB-D5

DISEÑO PARA MONTAJE EN PARED || CARGADOR AUTOMÁTICO DE 3 ETAPAS || RANGO DE VOLTAGE SELECCIONABLE || FUNCIÓN DE ARRANQUE EN FRÍO || REGULADOR SOLAR PWM INCORPORADO

LINEA "T"



TUPAC

ACOPLAMIENTOS S.A.

TABLA DE REFERENCIA

	Ø DE LA MAZA	Ø DEL CUERPO	LARGO TOTAL	Ø DEL EJE	DESDE 500 rPM HASTA 1500 rPM	DESDE 500 rPM HASTA 3000 rPM
T45	28 mm.	45 mm.	45 mm.	15 mm.	0,3 a 1 HP	1 a 2,5 HP
T60	35 mm.	60 mm.	55 mm.	22 mm.	1 a 2 HP	2 a 6 HP
T85	48 mm.	85 mm.	75 mm.	30 mm.	2 a 4,5 HP	4,5 a 8 HP
T100	60 mm.	100 mm.	90 mm.	40 mm.	3 a 6 HP	6 a 10 HP

VENTAJAS ESPECIALES

ABSORBE MARCHAS Y CONTRA MARCHAS

ECONOMIZA HORAS HOMBRE EN SU INSTALACION

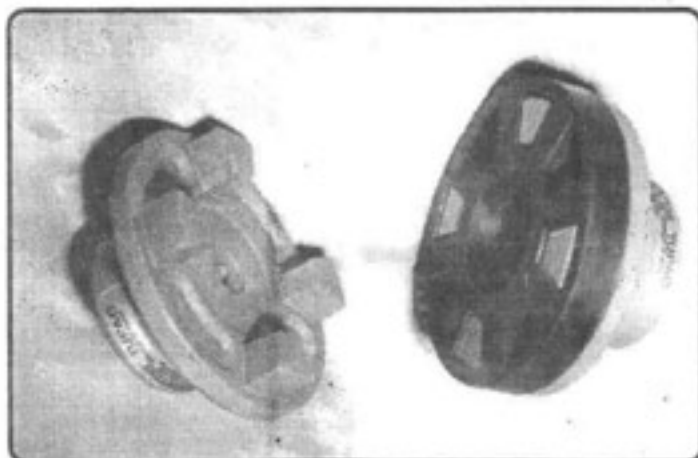
EVITA DESGASTES DE RODAMIENTOS Y COJINETES

SU COSTO DE ADQUISICION ES MARCADAMENTE INFERIOR A LOS EXISTENTES EN PLAZA

ESTA GARANTIZADO POR TUPAC ACOPLAMIENTOS S.A.

LINEA "T"

Atendiendo a la necesidad de satisfacer a un elevado nivel tecnológico, TUPAC ACOPLAMIENTOS S. A. presenta esta nueva línea de acoples. Caracterizados por tener un buen rendimiento en equipos de electrobombas y transmisiones de alta velocidad.



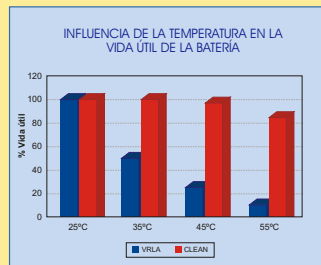
DESEMPEÑO Y CALIDAD EN APLICACIONES ESTACIONARIAS

Capacidad Nominal (Ah) a 25°C en diferentes regímenes

Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4	3	3	2	1	1	0	0	0	0	
12M3F36	36,1	32,2	31,8	31,1	30,4	29,6	28,6	28,0	27,3	26,6	25,8	24,8	23,6	22,0	19,8	18,2	16,0	12,2
12M4F5	45	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	28	25	23	20	15
12M6F3	63	57	56	54	53	52	50	49	48	47	45	43	41	39	35	32	28	21
12M10F5	105	94	93	91	89	86	83	82	80	78	75	72	69	64	58	53	47	36
12M15F50	151	135	132	130	127	123	119	116	113	110	107	103	97	91	81	75	65	49
12M17F5	174	156	153	150	146	142	137	134	131	128	124	119	113	105	95	87	76	58
12M21F20	218	195	192	188	183	178	172	169	165	160	155	149	141	132	118	109	95	72

Watts a 25°C en diferentes regímenes

Modelo	Horas																	
	20	10	9	8	7	6	5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	0.75	0.5	0.25	
12MF36	22	35	40	43	47	52	65	62	67	73	91	91	105	126	164	197	234	401
12MF45	28	44	50	54	59	65	81	78	85	92	116	114	132	159	206	248	293	502
12MF63	39	62	70	76	82	91	113	109	118	129	160	160	184	221	288	345	410	699
12MF105	65	103	117	126	137	152	188	182	197	214	269	266	307	369	480	577	683	1168
12MF150	93	153	166	179	195	215	258	258	278	303	366	375	432	519	672	807	975	1623
12MF175	108	173	192	207	225	248	300	299	322	351	425	435	502	604	783	941	1139	1901
12MF220	136	216	240	259	282	311	376	374	403	439	533	544	628	754	977	1174	1420	2368



Descarga máxima (A) a 25°C en diferentes regímenes

[illegible]

WindZilla 24VAC Max 2000W

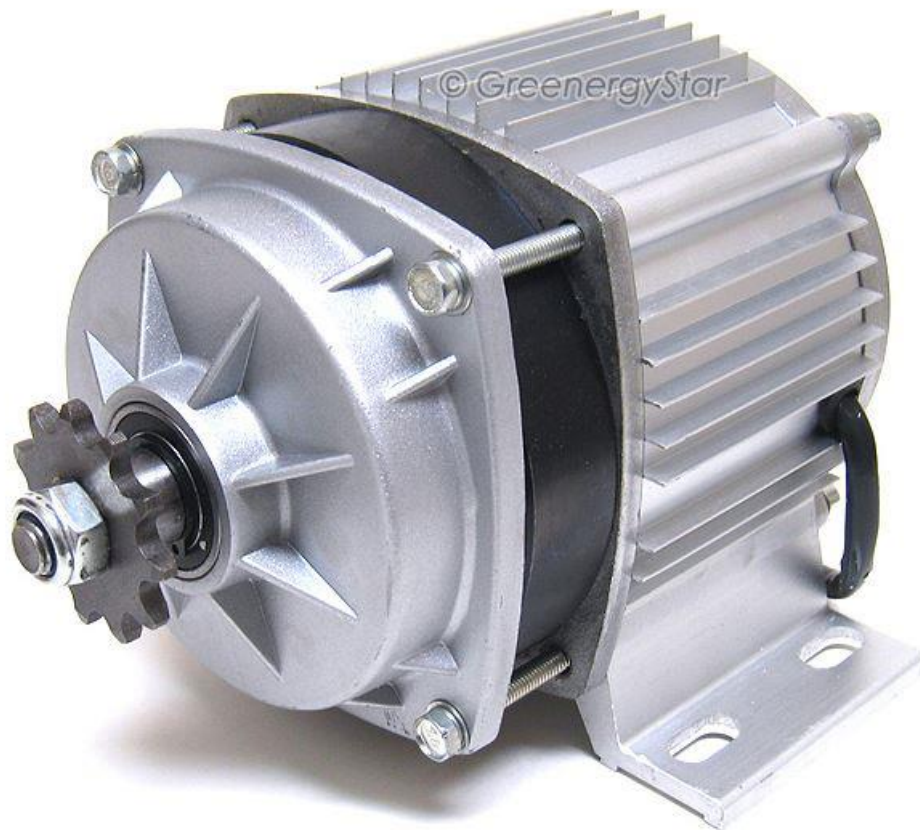
Alternador de imán permanente

Descripción:

WindZilla 24V AC MAX 2000W, Alternador de imán permanente trifásico con caja de cambios de aceleración para turbina eólica, bicicleta de fitness y sistemas hidráulicos. Alcance 24V @ 50RPM! (12V @ 25RPM)

Es perfecto para Fitness Bike, aerogeneradores verticales, sistema de generación hidroeléctrica. Este alternador es perfecto para entusiastas interesados en un proyecto de bricolaje. Dado que se trata de un alternador, generará electricidad CA trifásica. Sin embargo, el rectificador incluido convertirá CA en CC. Las ventajas de un alternador en comparación con un motor de CC son:

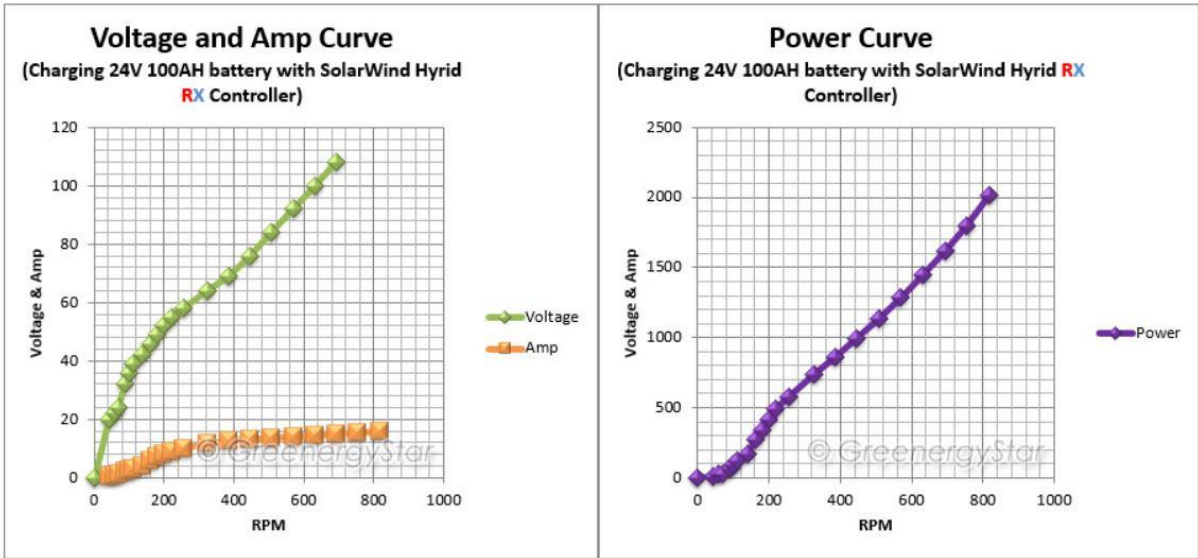
1. Los alternadores tienen una vida útil más larga que los motores de CC. Lo único que se desgastará es el rodamiento (alrededor de 20 años). Y con un simple cambio de cojinetes permitirá que su generador funcione otros 20 años
2. Los alternadores son más eficientes que los motores de CC porque están diseñados para generar electricidad. Además, habrá menos caída de voltaje en la electricidad de CA en comparación con la CC. Alternativamente, los motores de CC tienen la opción de funcionar como generador o como motor.
3. Posee un bajo torque de trabajo en vacío, tan solo 1.9 w para vencer la resistencia interna del mismo.



Especificaciones

Voltaje	Trifásico 24 VCA
Imán permanente	Imanes de neodimio de tierras raras
Resistencia a la humedad / corrosión	Sí, exterior sellado, rodamiento de bolas, rotor revestido
Relación de transmisión	1: 6
RPM a 24 V	50 RPM
Cuerpo material	Aleación de aluminio y acero
Diámetro del rotor	12 cm (4,75 pulgadas)
Largo	10 cm (4,0 pulgadas)
Peso	3,90 kg (8,6 libras)
Montar	Sí, soporte de pie
Longitud del cable	aprox. 18 cm (7 pulgadas)
Rotación	Bidireccional, se recomienda en el sentido de las agujas del reloj

Curva de rendimiento



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

PESO: 75kg

VISTA (1 : 10)

DETALLE D
(1 : 5)

DETALLE B
(1 : 5)

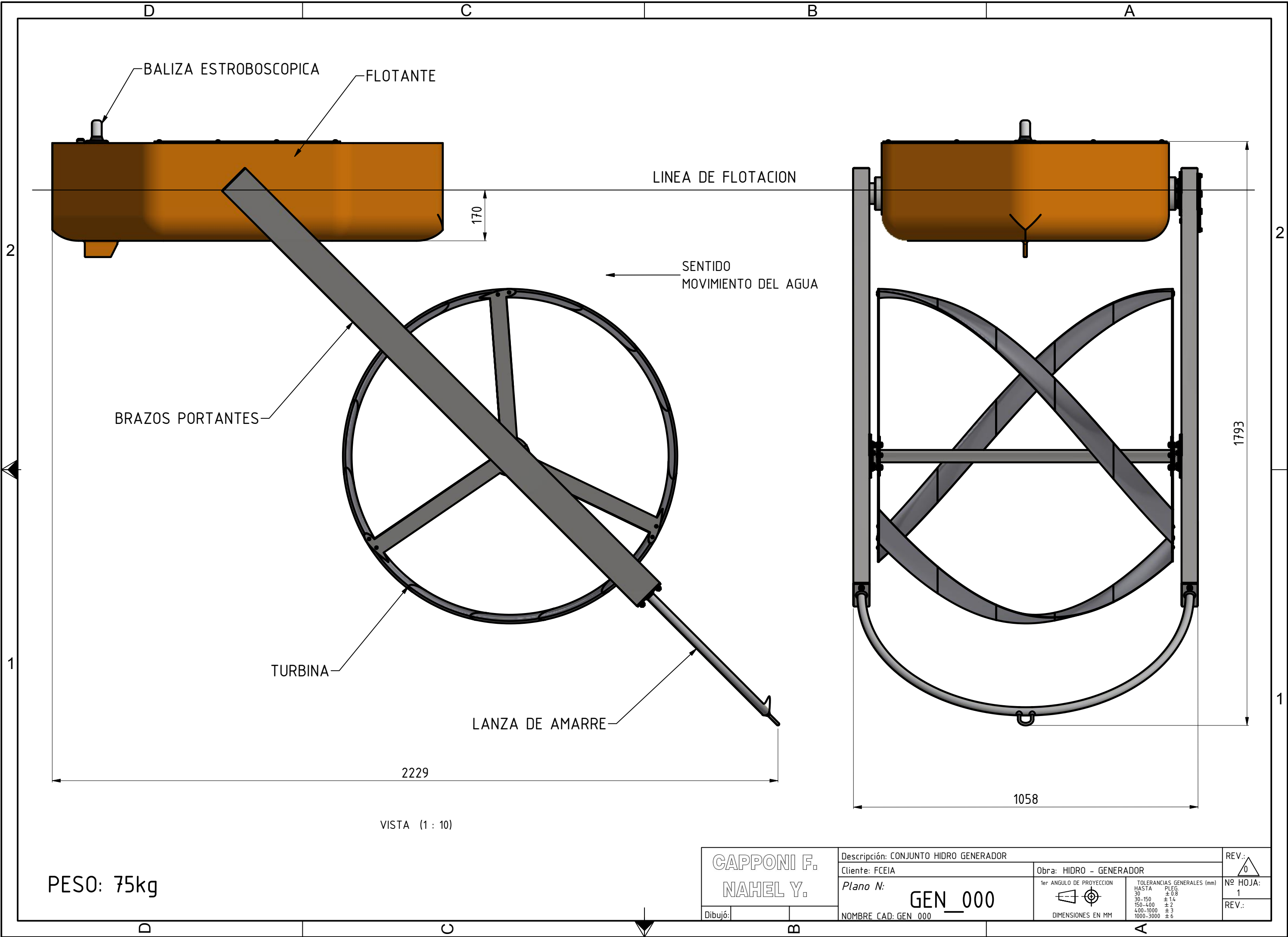
14	TAPA FLOTANTE DE FRP	FRP	1	4,37 kg	TAPA FLOTANTE
13	FLOTANTE FRP	FRP	1	19,09 kg	FLOTANTE
12	BALIZA ESTROBOSCOPICA	COMERCIAL	1	0,12 kg	
11	ALTERNADOR ELECTRICO	COMERCIAL	1	4,8 kg	
10	ACOPLE ELASTICO T45	COMERCIAL	2	0,1 kg	
9	BRAZO SECUNDARIO		1	9,65 kg	BRA_500
8	EJE MANDO	SAE 1045	1	0,63 kg	ROT_306
7	CUBO EJES	A. INOX. AISI 304	2	0,87 kg	BRA_412
6	ARANDELA FIJACION	SAE 1010	1	0,03 kg	ROT_304
5	POLEA SINCRONICA D:22 P:8M	SFK	1	0,06 kg	
4	TURBINA	PLA + FRP	1	32,57 kg	TUR_300
3	CORREA SINCRONICA		1	0,25 kg	
2	BASE ALTERNADOR ELECTRICO	CHAPA 1/8"	1	0,84 kg	BASE PLEGADA
1	BRAZO MOTRIZ	A. INOX. AISI 304	1	4,8 kg	BRA_400
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

LISTA DE PARTES

CAPPONI F. NAHEL Y.		Descripción: CONJUNTO HIDRO GENERADOR			REV.: △ 0
		Cliente: FCEIA	Obra: HIDRO - GENERADOR		
		Plano N: GEN_000	1er ANGULO DE PROYECCION 	TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 ± 0,8 30-150 ± 1,4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6	
Dibujó:		NOMBRE CAD: GEN_000_A	DIMENSIONES EN MM		REV.:

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



CAPPONI F.
NAHEL Y.

Dibujó:

Descripción: CONJUNTO HIDRO GENERADOR

Cliente: FCEIA

Plano N:

GEN_000

NOMBRE CAD: GEN_000

Obra: HIDRO - GENERADOR

1er ANGULO DE PROYECCION



DIMENSIONES EN MM

TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
HASTA	PLEG
30	± 0.8
30 - 150	± 1.4
150 - 400	± 2
400 - 1000	± 3
1000 - 3000	± 6

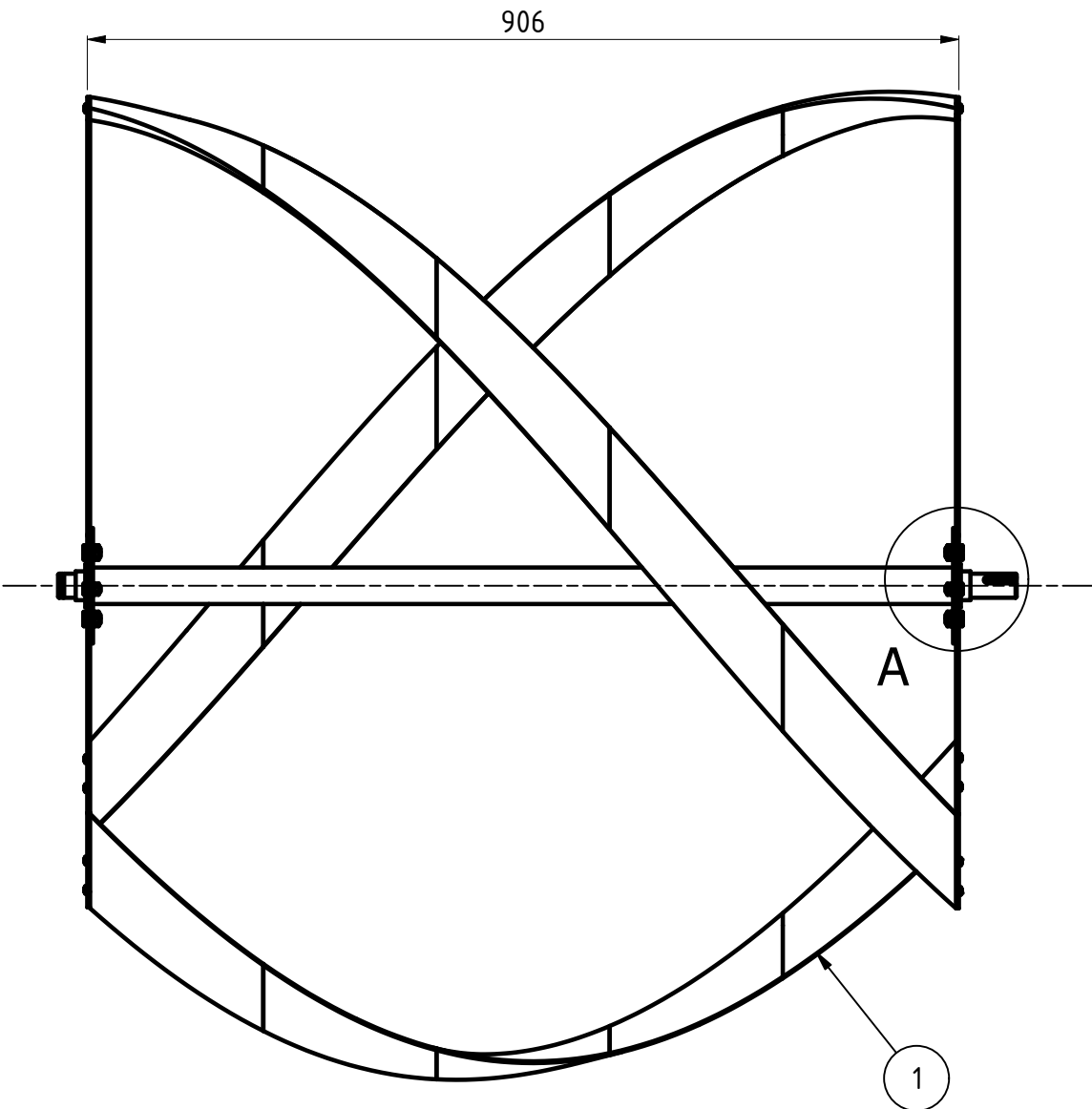
REV.: 0

Nº HOJA: 1

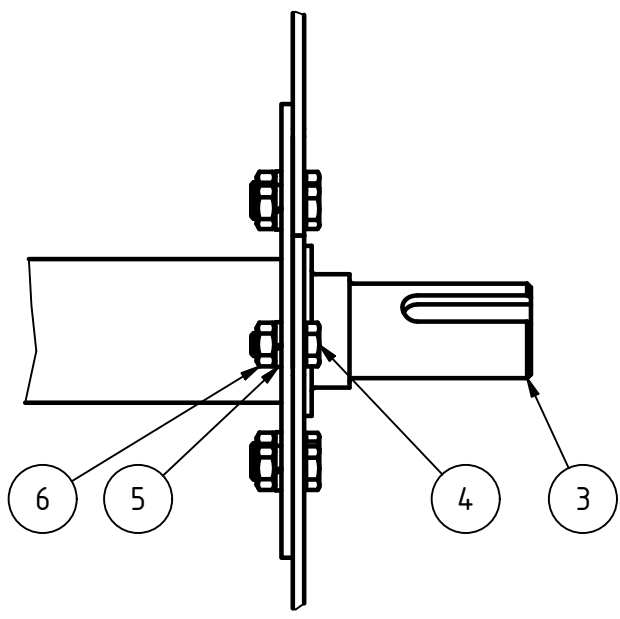
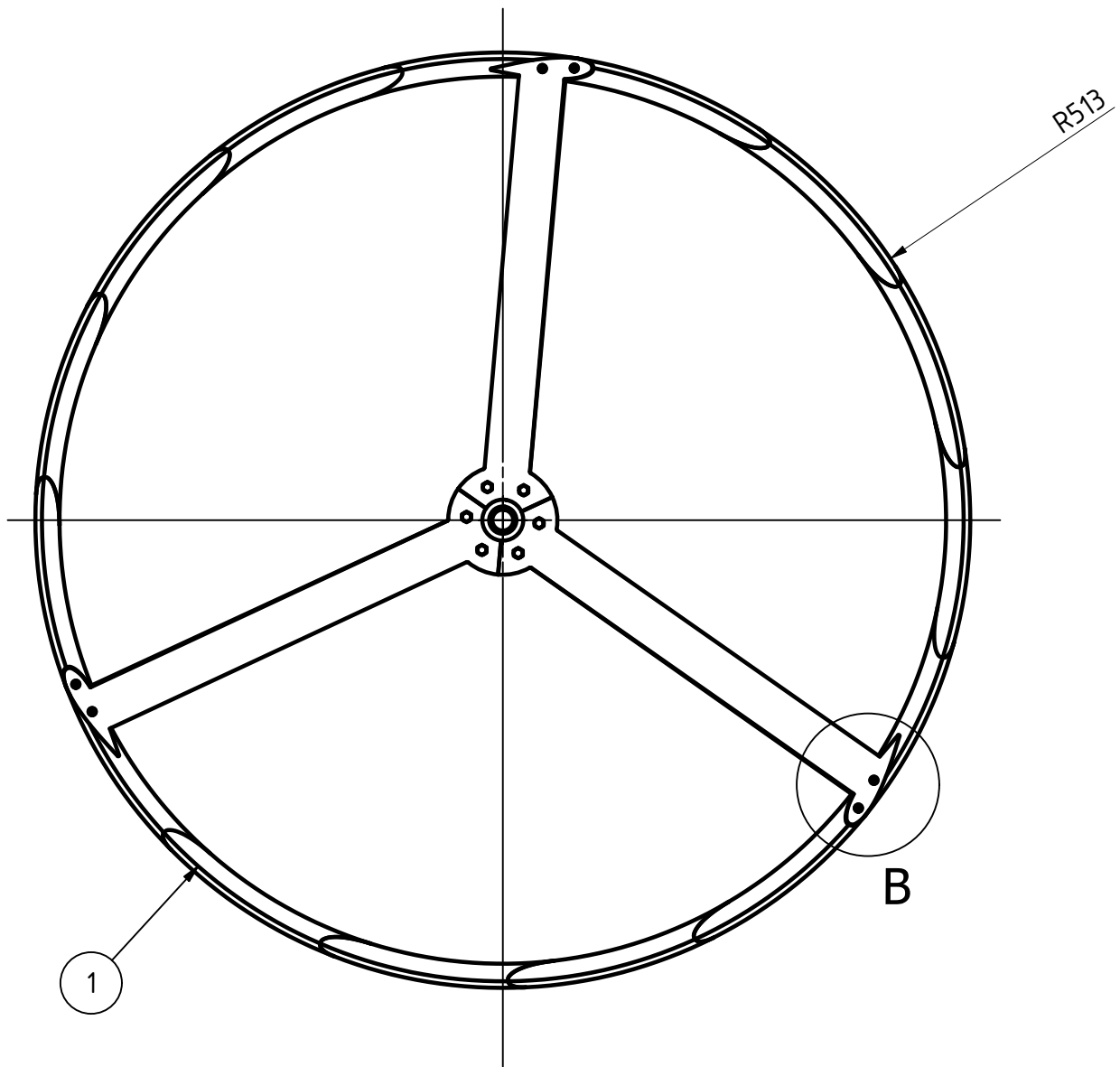
REV.: 1

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

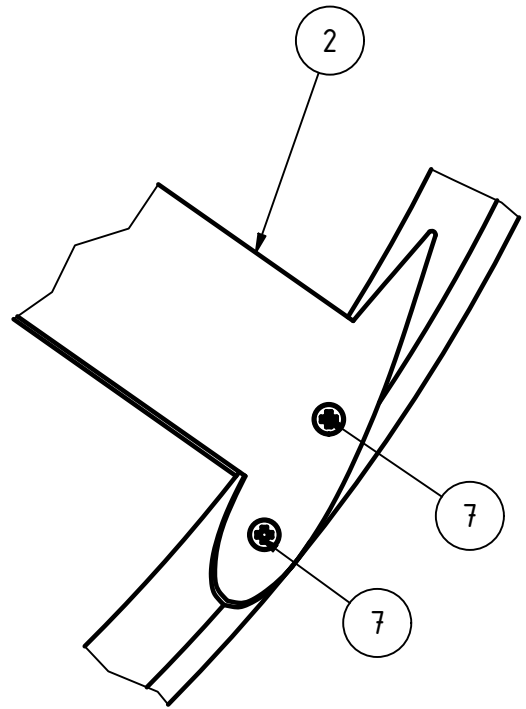
FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



VISTA (1 : 7.5)



DETALLE A
(1:2)



DETALLE B
(1:2)

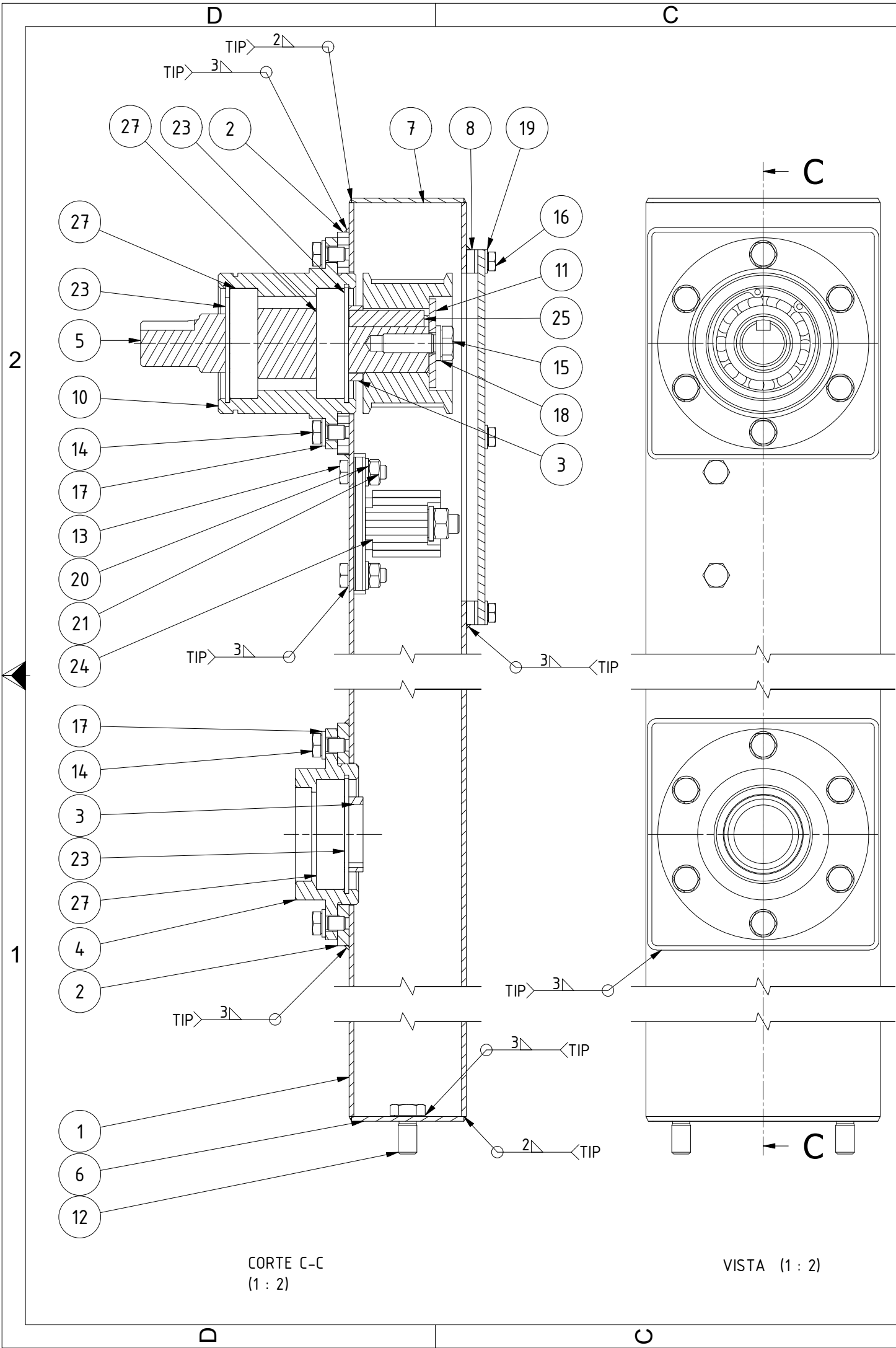
7	BULON CAB. FRESADA M4 x 14	A. INOX. AISI 304	12	0 kg	DIN 7985
6	TUERCA HEX. M6	A. INOX. AISI 304	12	0 kg	DIN 934
5	ARANDELA PLANA p/M6	A. INOX. AISI 304	12	0 kg	DIN 127
4	BULON HEX. M6 x 14	A. INOX. AISI 304	12	0,01 kg	DIN 933
3	EJE DE TURBINA	A. INOX AISI 304	1	2,99 kg	ROT_300
2	ASPA ROTOR	A. INOX AISI 304	6	0,63 kg	ASP_201
1	ALABE COMPLETO	FIBRA DE VIDRIO REFORZADA	3	8,55 kg	ALA_100
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

LISTA DE PARTES

CAPPONI F. NAHEL Y.	Descripción: TURBINA		Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.: 0
	Cliente: FCEIA		Plano N: TUR_300		Nº HOJA: 1
Dibujó:		NOMBRE CAD: TUR_300		REV.:	
		1er ANGULO DE PROYECCION		TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
		DIMENSIONES EN MM			
		HASTA 30 ±0,8		PLEG ±1,4	
		30-150 ±1,4		150-400 ±2	
		400-1000 ±3		1000-3000 ±6	

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



NOTA:
METODO DE SOLDADURA TIG, CORDONES CONTINUOS CON APORTE

24	TENSOR CORREA	COMERCIAL	1		
27	ROD. DE BOLA SIMPLE 6005	COMERCIAL	3		
26	POLEA SINCRONICA D:22 P:8M	COMERCIAL	1		
25	CHAVETA TIPO 4 8x7x32	COMERCIAL	1		DIN 6885
23	ANILLO SEEGER 48x1.75	COMERCIAL	3		DIN 472
22	RETEN 30x40x7	COMERCIAL	1		DIN 3760
21	TUERCA HEX. M6	A. INOX. 304	2		DIN 934
20	ARANDELA GROWER p/M6	A. INOX. 304	2		DIN 128
19	ARANDELA PLANA p/M5	A. INOX. 304	6		DIN 127
18	ARANDELA PLANA p/M8	A. INOX. 304	1		DIN 127
17	ARANDELA PLANA p/M6	A. INOX. 304	12		DIN 127
16	BULON HEX. M5x10	A. INOX. 304	6		DIN 933
15	BULON HEX. M8x25	A. INOX. 304	1		DIN 933
14	BULON HEX. M6x10	A. INOX. 304	12		DIN 933
13	BULON HEX. M6x16	A. INOX. 304	2		DIN 933
12	BULON HEX. M8x16	A. INOX. 304	2		DIN 933
11	ARANDELA FIJACION	SAE 1010	1	0,03 kg	ROT_304
10	CUBO RODAMIENTO	RED. A. INOX. AISI 304 D:90mm	1	0,73 kg	BRA_411
9	TAPA ACCESO CORREA	CHAPA AISI 304 e:5mm	1	0,36 kg	BRA_409
8	BASE TAPA	CHAPA AISI 304 e:5mm	1	0,19 kg	BRA_408
7	TAPA TUBO 100X50	CHAPA AISI 304 e:2mm	1	0,07 kg	BRA_407
6	PLACA LANZA	CHAPA AISI 304 e:2mm	1	0,07 kg	BRA_401
5	EJE MOTRIZ SUPERIOR	SAE 1045	1	0,46 kg	ROT_305
4	CUBO RODAMIENTO	RED. A. INOX. AISI 304 D:90mm	1	0,36 kg	BRA_402
3	BUJE SEPARADOR	SAE1010	2	0,02 kg	BRA_406
2	PLACA REFUERZO	CHAPA AISI 304 e:5mm	2	0,24 kg	BRA_403
1	BRAZO MOTRIZ	TUBO A°I° 100x50x2	1	1,29 kg	BRA_410
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

CAPPONI F.
NAHEL Y.

Dibujó:

Descripción: BRAZO MOTRIZ

Cliente: FCEIA

Plano N: **BRA_400**

NOMBRE CAD: BRA_400

Obra: HIDRO - GENERADOR

1er ANGULO DE PROYECCION

DIMENSIONES EN MM

REV.:
0

Nº HOJA:
1

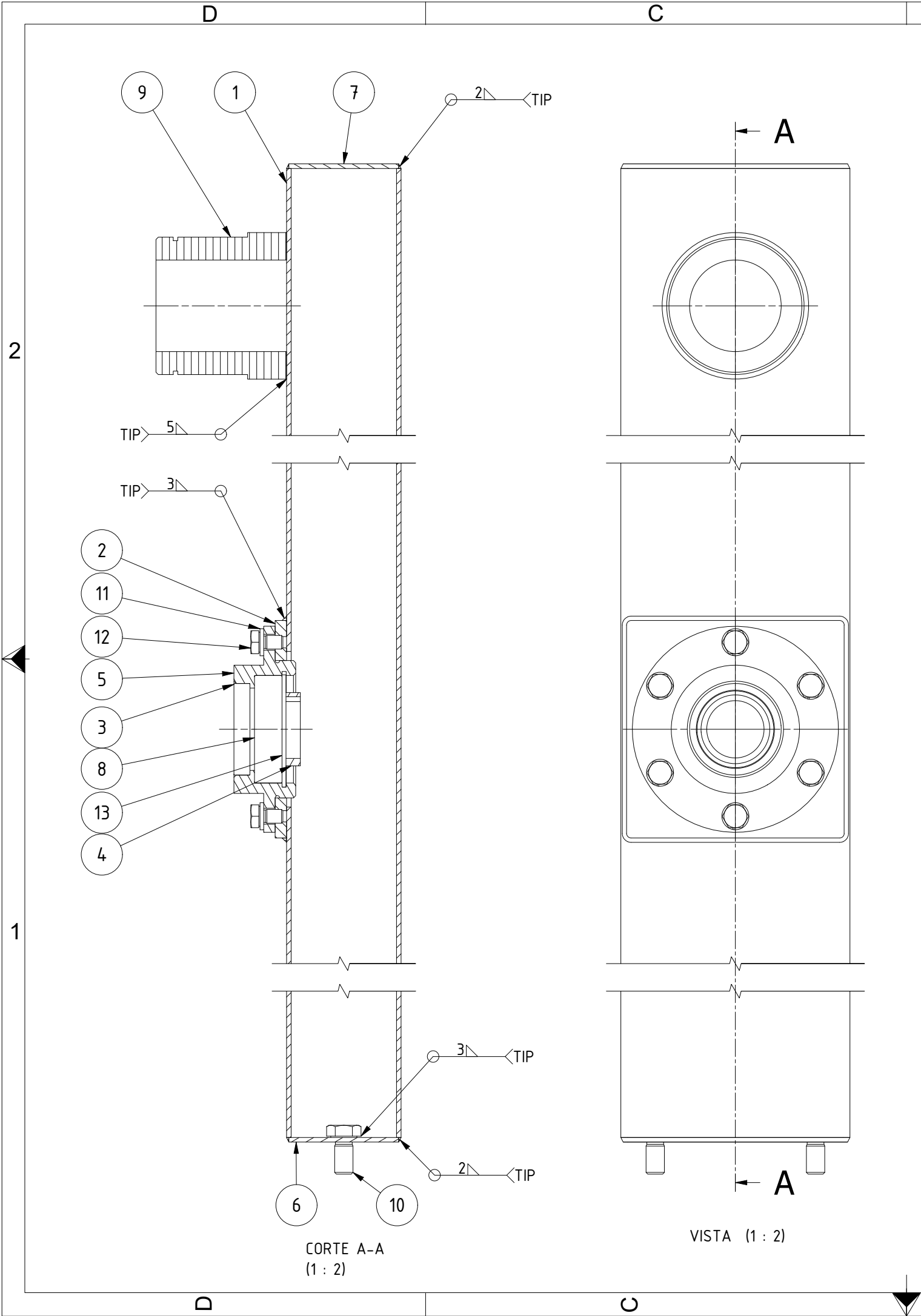
REV.:

TOLERANCIAS GENERALES (mm)

HASTA 30	PLEG ±0,8
30-150	±1,4
150-400	±2
400-1000	±3
1000-3000	±6

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



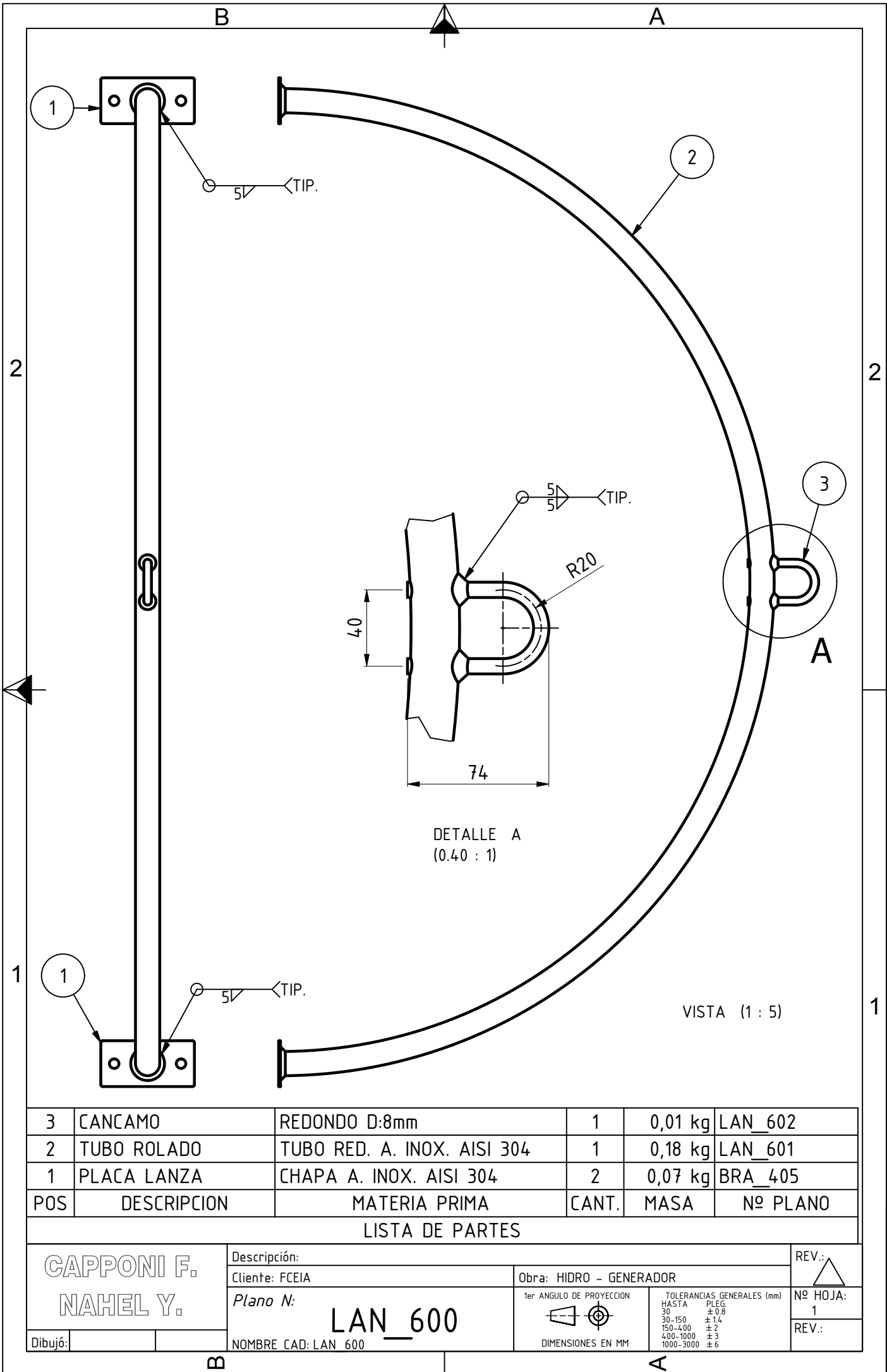
NOTA:
PROCESO DE SOLDADURA TIG, CORDONES CONTINUOS

8	ROD. DE BOLA SIMPLE 6005	COMERCIAL	1		
13	ANILLO SEEGER 48x1.75	A. INOX 304	1		DIN 472
12	BULON HEX. M6x10	A. INOX 304	6		DIN 933
11	ARANDELA PLANA p/M6	A. INOX 304	6		DIN 127
10	BULON HEX. M8x16	A. INOX 304	2		DIN 933
3	RETEN 30x40x7	COMERCIAL	1		DIN 3760
7	TAPA TUBO 100X50	CHAOA AISI 304 e:2mm	1	0,07 kg	BRA_407
6	PLACA LANZA	CHAOA AISI 304 e:2mm	1	0,07 kg	BRA_401
5	CUBO RODAMIENTO	RED. A. INOX. AISI 304 D:90mm	1	0,36 kg	BRA_402
4	BUJE SEPARADOR	SAE 1010	1	0,02 kg	BRA_406
9	EJE BRAZO SECUNDARIO	RED. A. INOX. AISI 304 D:70mm	1	0,75 kg	BRA_413
2	PLACA REFUERZO	CHAPA AISI 304 e:5mm	1	0,24 kg	BRA_403
1	BRAZO SECUNDARIO	TUBO A°I° 100x50x2	1	7,97 kg	BRA_510
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

LISTA DE PARTES						
CAPPONI F. NAHEL Y.		Descripción: BRAZO SECUNDARIO				REV.: 0
		Cliente: FCEIA		Obra: HIDRO - GENERADOR		
		Plano N: BRA_500		1er ANGULO DE PROYECCION 	TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA PLEG 30 ± 0.8 30-150 ± 1.4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6	Nº HOJA: 1 REV.:
		Dibujó:		NOMBRE CAD: BRA 500	DIMENSIONES EN MM	

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504



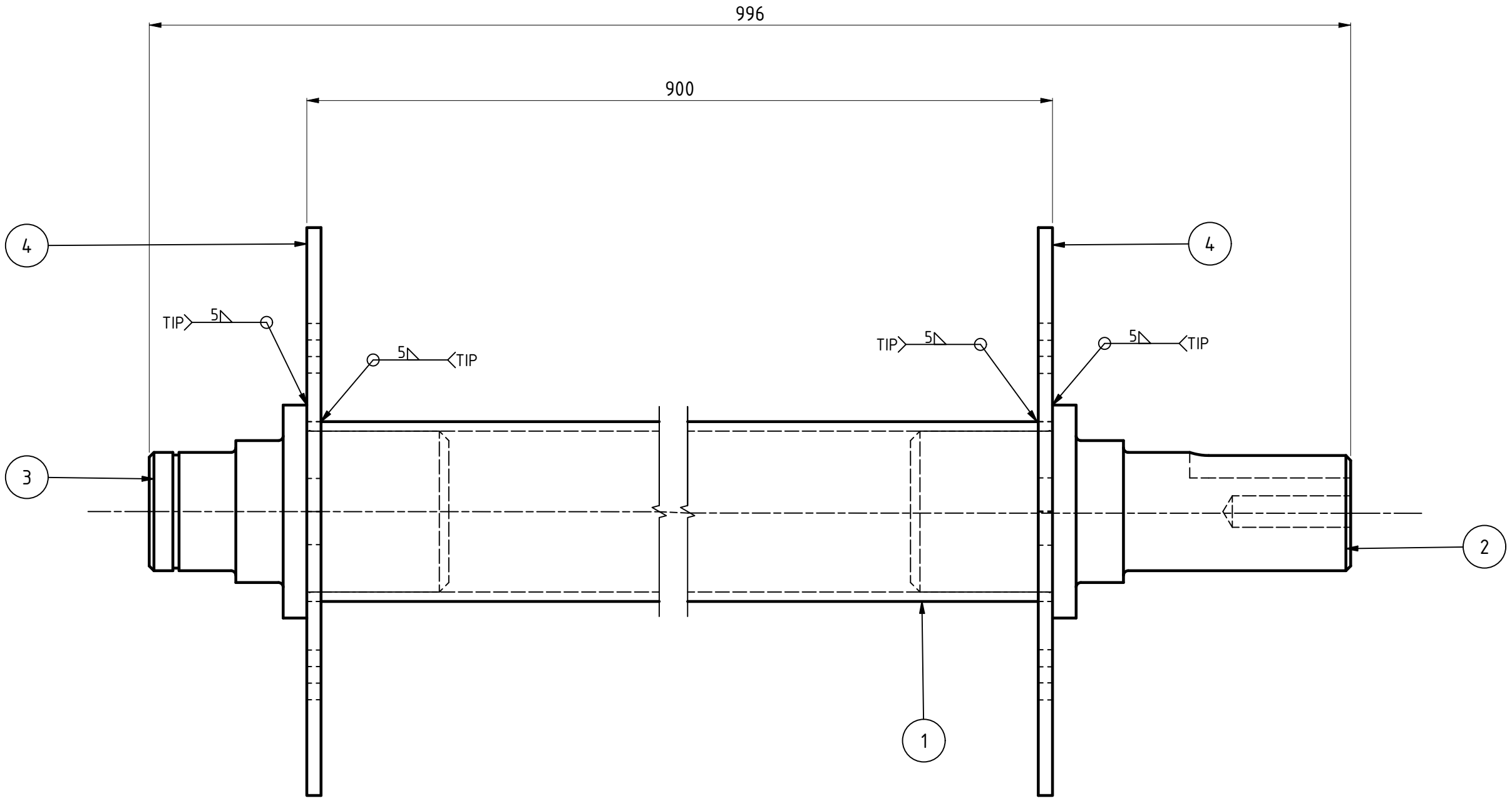
3	CANCAMO	REDONDO D:8mm	1	0,01 kg	LAN_602
2	TUBO ROLADO	TUBO RED. A. INOX. AISI 304	1	0,18 kg	LAN_601
1	PLACA LANZA	CHAPA A. INOX. AISI 304	2	0,07 kg	BRA_405
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

LISTA DE PARTES

CAPPONI F. NAHEL Y.		Descripción:	Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.:
		Cliente: FCEIA	1er ANGULO DE PROYECCION		Nº HOJA: 1
Dibujó:		Plano N: LAN_600	TOLERANCIAS GENERALES (mm)		REV.:
		NOMBRE CAD: LAN_600	HASTA PLEG. 30 ±0.8 30-150 ±1.4 150-400 ±2 400-1000 ±3 1000-3000 ±6		
			DIMENSIONES EN MM		

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

NOTA:
GARANTIZAR QUE LAS PERFORACIONES DE LAS BRIDAS SE ENCUENTREN COINCIDENTES



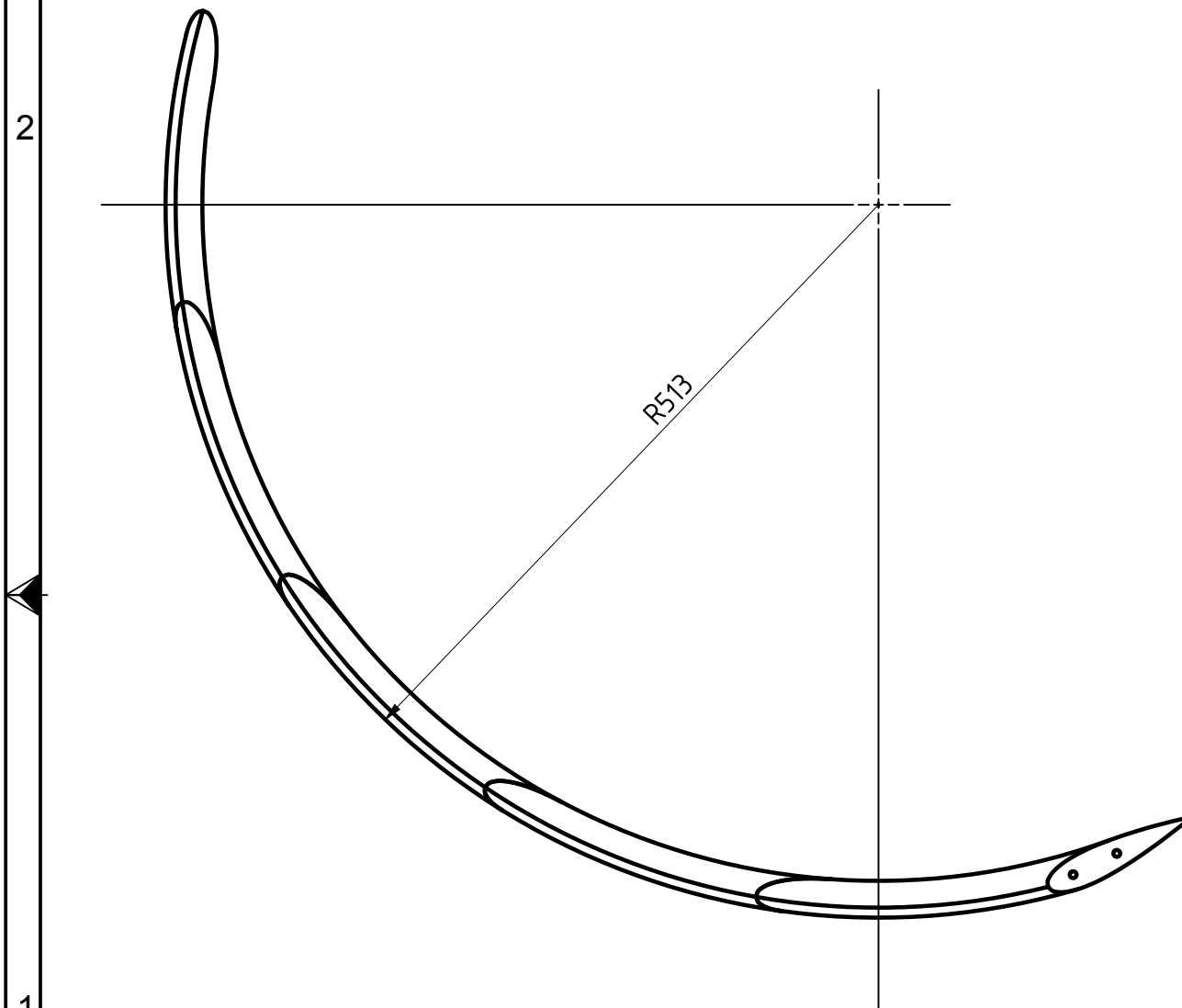
VISTA (1 : 1)

4	BRIDA ASPAS	CHAPA AISI 304	2		0,24 kg	ROT_303
3	EJE SECUNDARIO TURBINA	REDONDO AISI 304	1		0,4 kg	ROT_302
2	EJE MOTRIZ TURBINA	REDONDO AISI 304	1		0,51 kg	ROT_301
1	EJE TUBULAR	TUBO REDONDO 38 x 2 A°I°	1	906 mm	1,6 kg	
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	LARGO	MASA	Nº PLANO

LISTA DE PARTES

CAPPONI F. NAHEL Y.	Descripción: EJE DE TURBINA		Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.: 0
	Cliente: FCEIA		Plano N: ROT_300		Nº HOJA: 1
Dibujó:		NOMBRE CAD: ROT_300		REV.:	
		1er ANGULO DE PROYECCION		TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
		DIMENSIONES EN MM			

ENSAMBLAR LOS TRAMOS DE ALABES COLOCANDO Y PEGANDO
LOS GUIADORES, LUEGO REVESTIR EL CONJUNTO CON UNA CAPA
DE REFUERZO DE FIBRA DE VIDRIO Y APLICAR RESINA NAUTICA



Technical drawing of a curved architectural element, likely a staircase or ramp, showing a side elevation. The drawing includes a main view and a detail view labeled "DETALLE A (1:2)".

The main view shows a curved profile with a horizontal dimension of 900. The drawing is labeled "VISTA (1 : 5)".

Callouts and details:

- Callout 1: Points to the upper curved surface.
- Callout 2: Points to the lower curved surface.
- Callout 3: Points to the bottom edge of the curved surface.
- Callout 4: Points to the detail view A.
- Detail View A (1:2): A circular inset showing a cross-section of the curved surface, revealing internal structural elements and a vertical support.

4	GUIADOR ALABES	ALUMINIO 6061	8		ALA_104
3	TRAMO INFERIOR	PLA REVESTIDO EN FRP	1	0,35 kg	ALA_102
2	TRAMO MEDIOS	PLA REVESTIDO EN FRP	3	2,61 kg	ALA_101
1	TRAMO SUPERIOR	PLA REVESTIDO EN FRP	1	0,35 kg	ALA_100
POS	DESCRIPCION	MATERIA PRIMA	CANT.	MASA	Nº PLANO

CAPPONI F.
NAHEL Y.

Cliente: FCEIA

Plano N:

Obra: HIDRO - GENERADOR



DIMENSIONES EN MM

Plano N:	ALA 100
----------	---------

NOMBRE CAD: ALA 100

TOLERANCIAS GENERALES (mm)	N
HASTA PLEG.	

EV.: $\triangle_0$

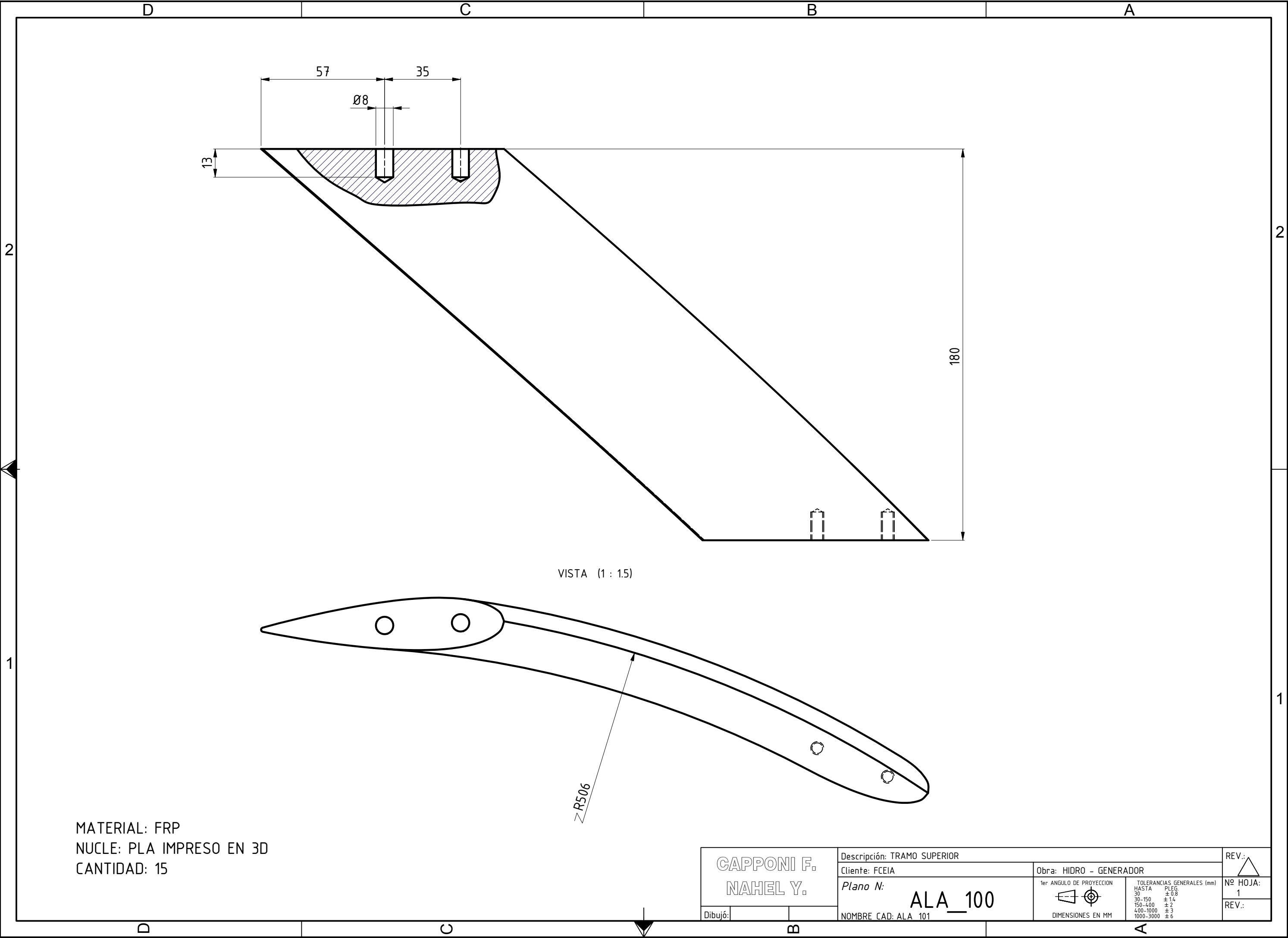
HOJA:

1	
FV.	

1

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



MATERIAL: FRP
NUCLE: PLA IMPRESO EN 3D
CANTIDAD: 15

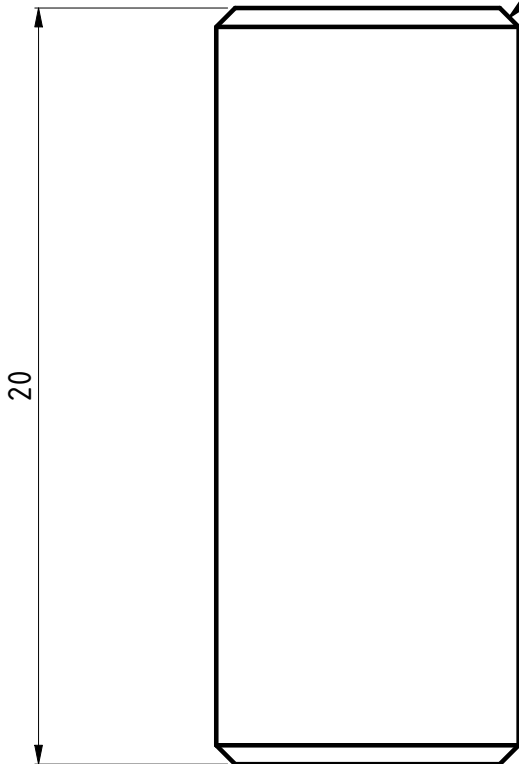
CAPPONI F. NAHEL Y.		Descripción: TRAMO SUPERIOR		REV.:
		Cliente: FCEIA	Obra: HIDRO - GENERADOR	Nº HOJA: 1
Plano N: ALA_100		1er ANGULO DE PROYECCION	TOLERANCIAS GENERALES (mm)	REV.:
Dibujó:		DIMENSIONES EN MM	HASTA 30 ±0.8 30-150 ±1.4 150-400 ±2 400-1000 ±3 1000-3000 ±6	
NOMBRE CAD: ALA_101				

3.2 / (✓)

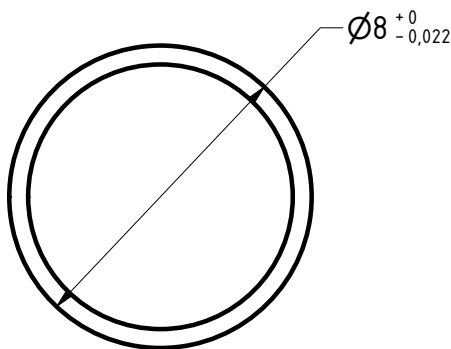
B

A

CHAFLAN 0,5 X 45°



VISTA
(5 : 1)



Material: REDONDO Ø10mm
Calidad: ALUMINIO 6061
Cantidad: 18

CAPPONI F.
NAHEL Y.

TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
HASTA	PLEG.
30	± 0,8
30-150	± 1,4
150-400	± 2
400-1000	± 3
1000-3000	± 6

Descripción: GUIADOR ALABES

CANT. M.IZQ.

CANT. M.DER.

Obra: HIDRO - GENERADOR

Aluminum 6061

Cliente: FCEIA

Escala:

Material

Espesor

NOMBRE	FECHA
Dibujó:	
Controló:	
Aprobó:	

1er ANGULO DE PROYECCION
DIMENSIONES EN MM

Plano N:

ALA_104

REF. PLANO CLIENTE:

Hoja: 1

Total: 1

REV.:

0

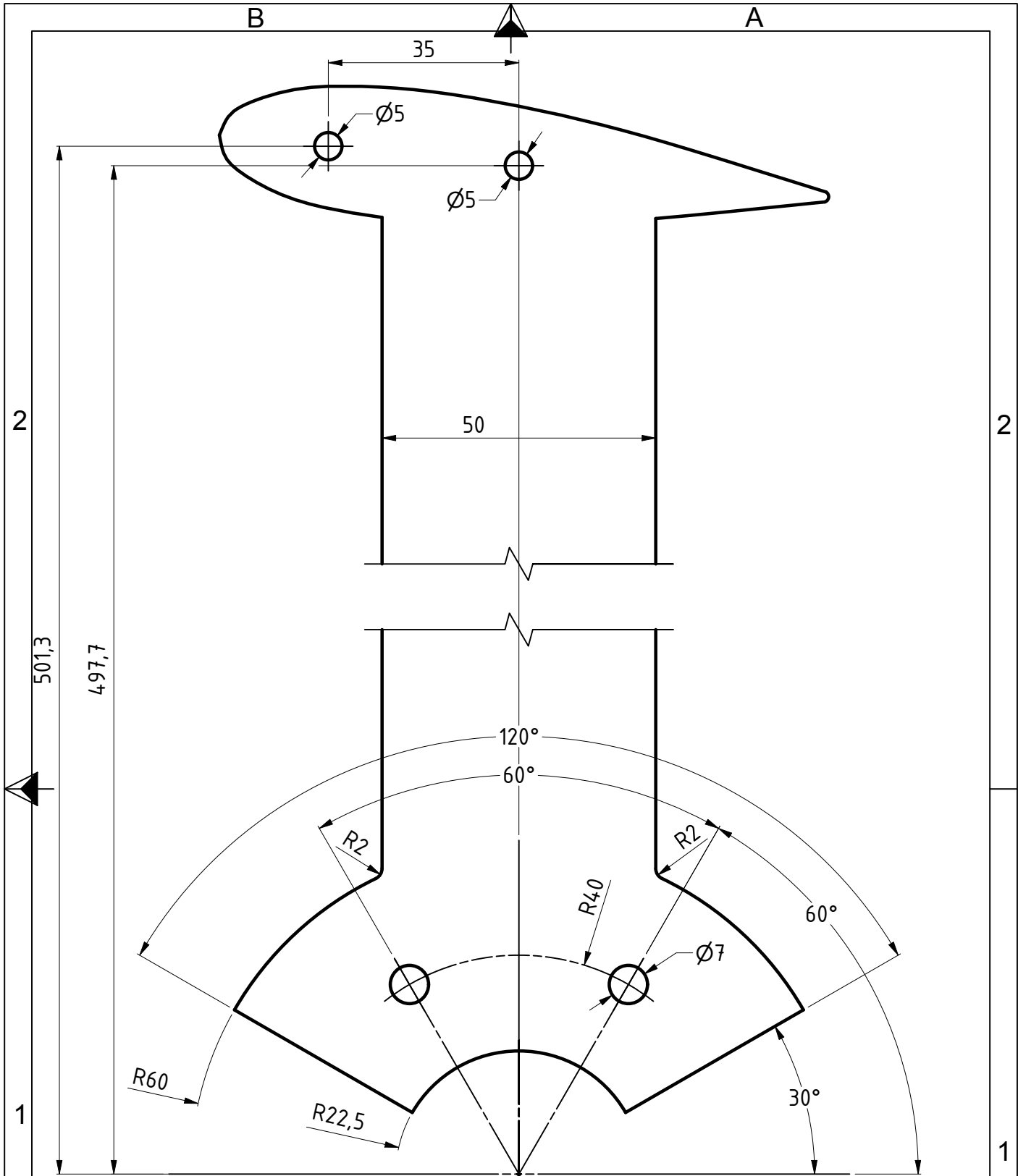
B

A

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504

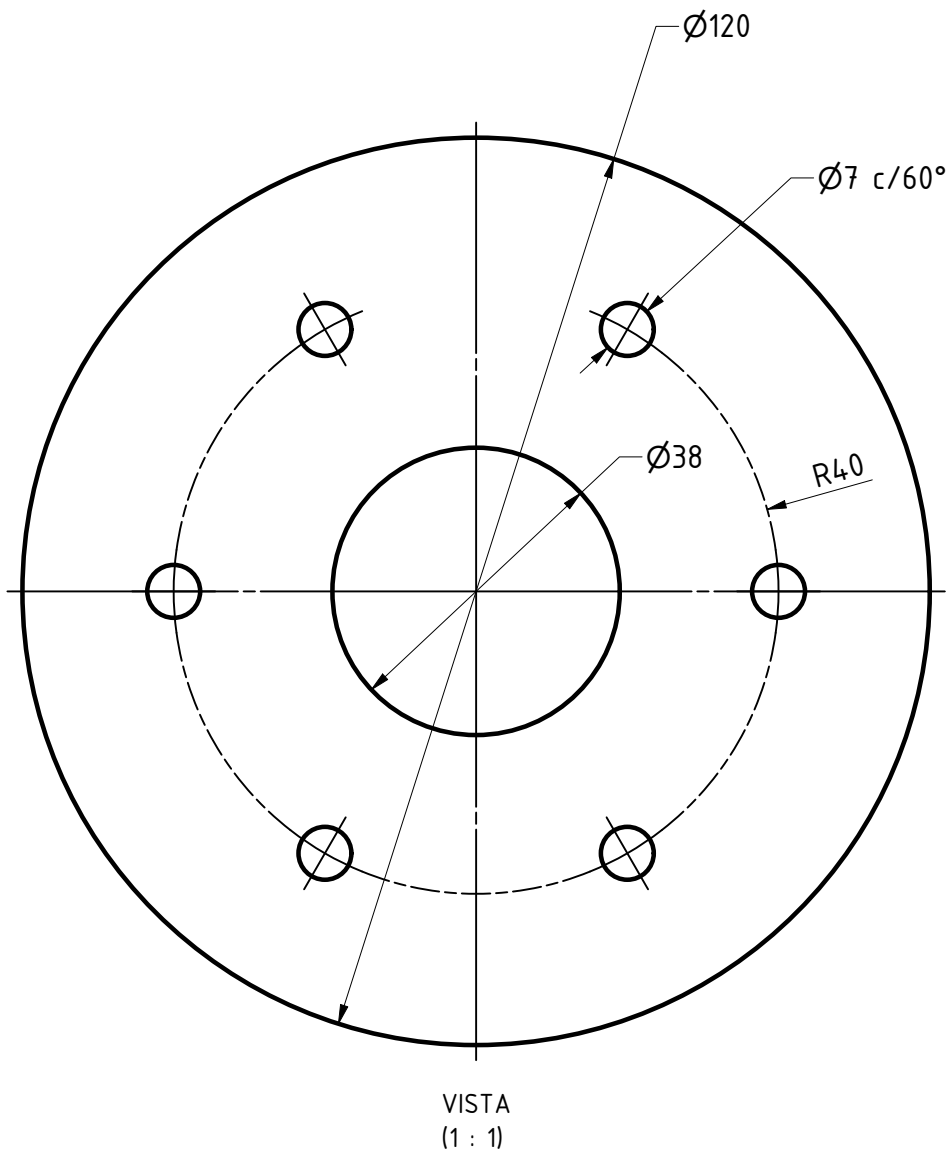


Material: CHAPA 3mm
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 6

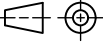
CAPPONI F. NAHEL Y.			Descripción: ASPA ROTOR		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.
					Stainless Steel	
			Obra: HIDRO - GENERADOR		Material	Espesor
			Cliente: FCEIA		Escala:	
			Plano N:		Hoja: 1	
			REF. PLANO CLIENTE:		Total: 1	
					REV.: 	

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504



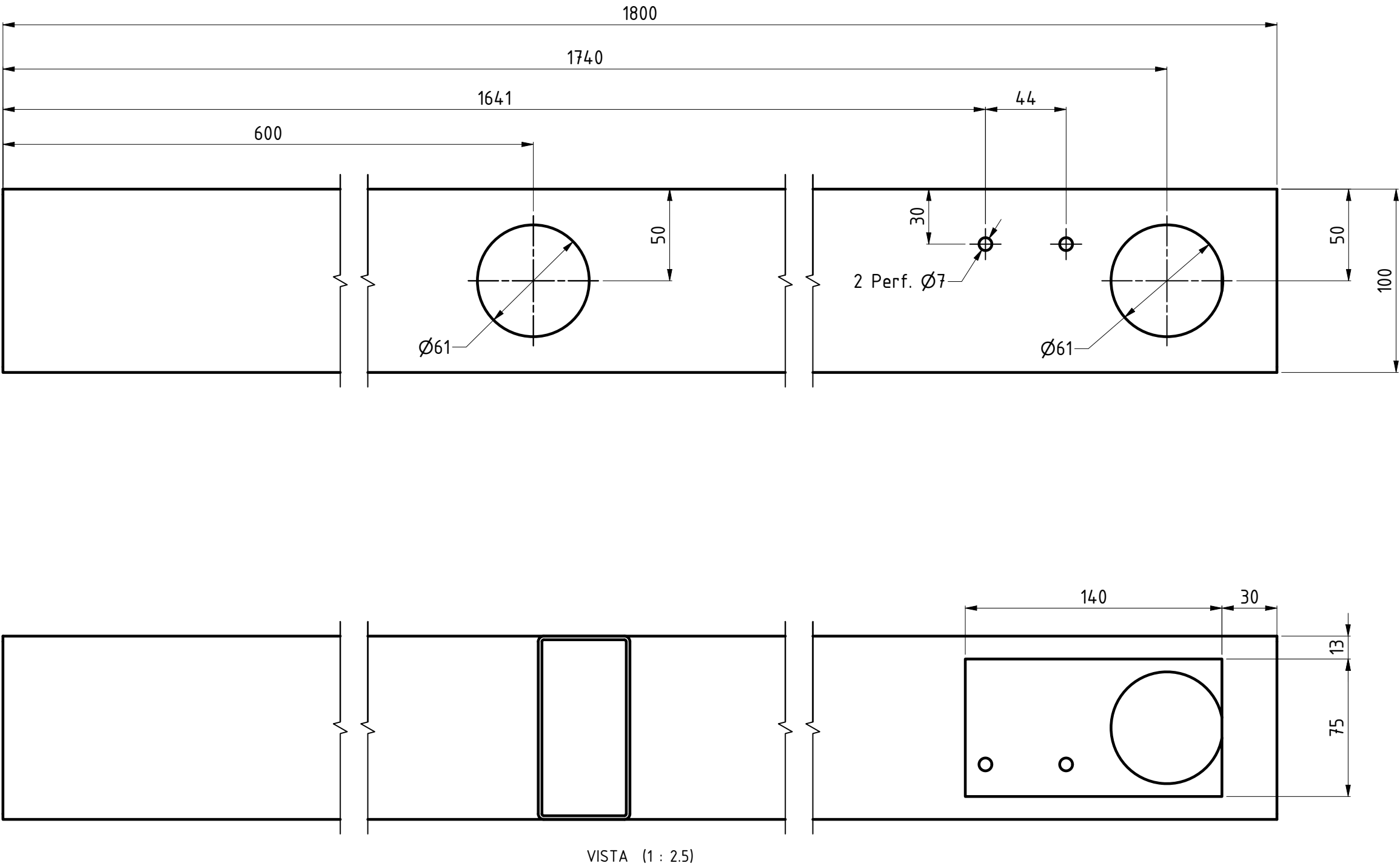
Material: CHAPA 3mm
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 2

CAPPONI F. NAHEL Y.		TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 ± 0.8 30-150 ± 1.4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6	Descripción: BRIDA ASPAS		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.
			Obra: HIDRO - GENERADOR		AISI	3,00 mm
Nombre		Fecha	Cliente: FCEIA	Escala:	Material	Espesor
Dibujó:		1er ANGULO DE PROYECCION  DIMENSIONES EN MM	Plano N: ROT_303			Hoja: 1
Controló:			REF. PLANO CLIENTE:			Total: 1
Aprobó:						REV.: 0

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

Material: TUBO RECANGULAR 100x50x2
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 1

CAPPONI F. NAHEL Y.	Descripción: BRAZO MOTRIZ		Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.: 
	Cliente: FCEIA		1er ANGULO DE PROYECCION 		Nº HOJA: 1
Plano N: BRA_410		TOLERANCIAS GENERALES (mm)		REV.:	
Dibujó: 		HASTA 30 ±0.8		DIMENSIONES EN MM	
NOMBRE CAD: BRA_410		30-150 ±1.4			
		150-400 ±2			
		400-1000 ±3			
		1000-3000 ±6			



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

Material: TUBO RECTANGULAR 100x50x2
CALIDAD: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 1

CAPPONI F.
NAHEL Y.

Dibujó:

Descripción: BRAZO SECUNDARIO

Cliente: FCEIA

Plano N:

BRA_510

NOMBRE CAD: BRA_510

Obra: HIDRO - GENERADOR

1er ANGULO DE PROYECCION



DIMENSIONES EN MM

TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
HASTA 30	± 0,8
30 - 150	± 1,4
150 - 400	± 2
400 - 1000	± 3
1000 - 3000	± 6

REV.:

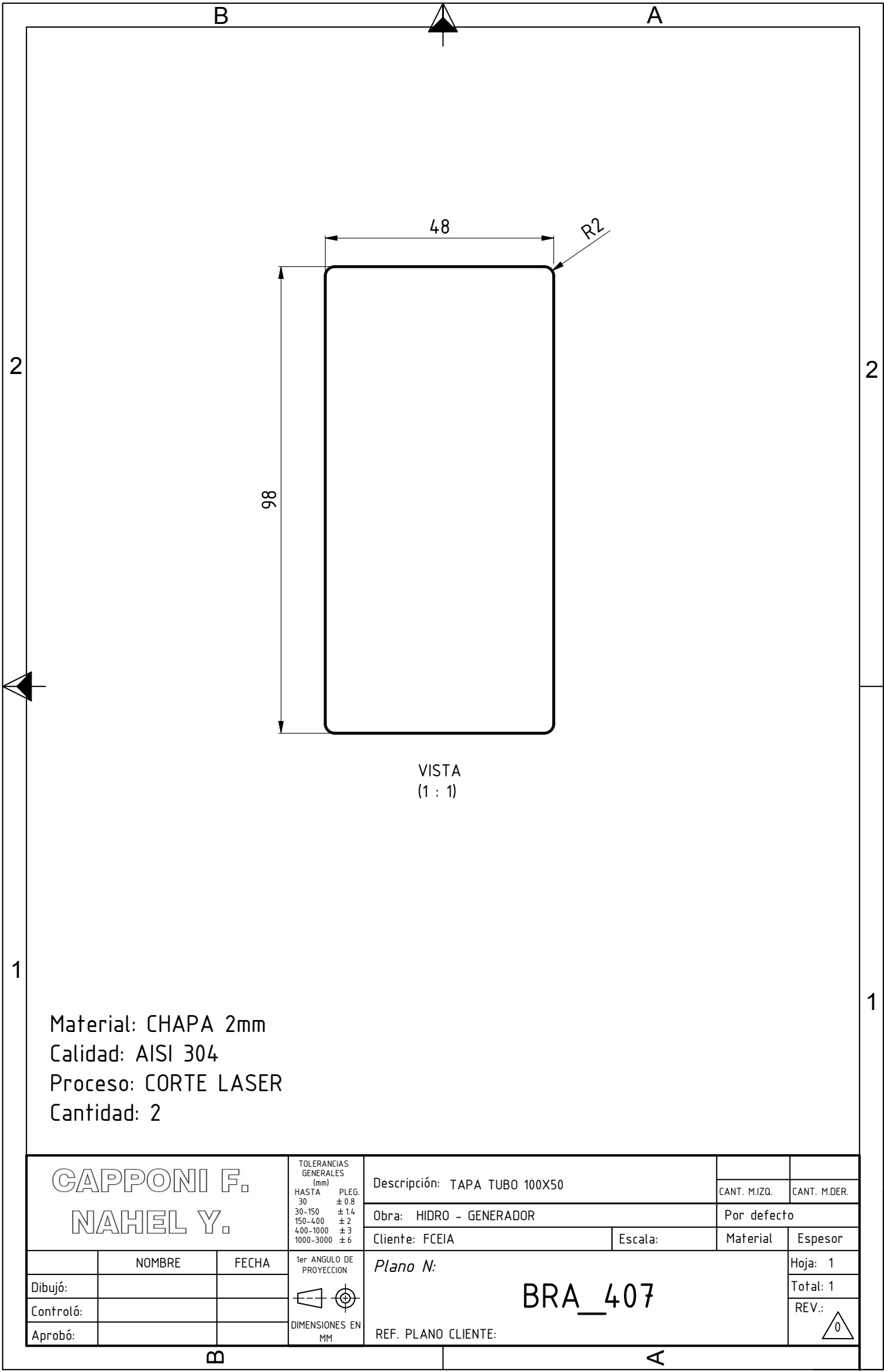
Nº HOJA:

1

REV.:

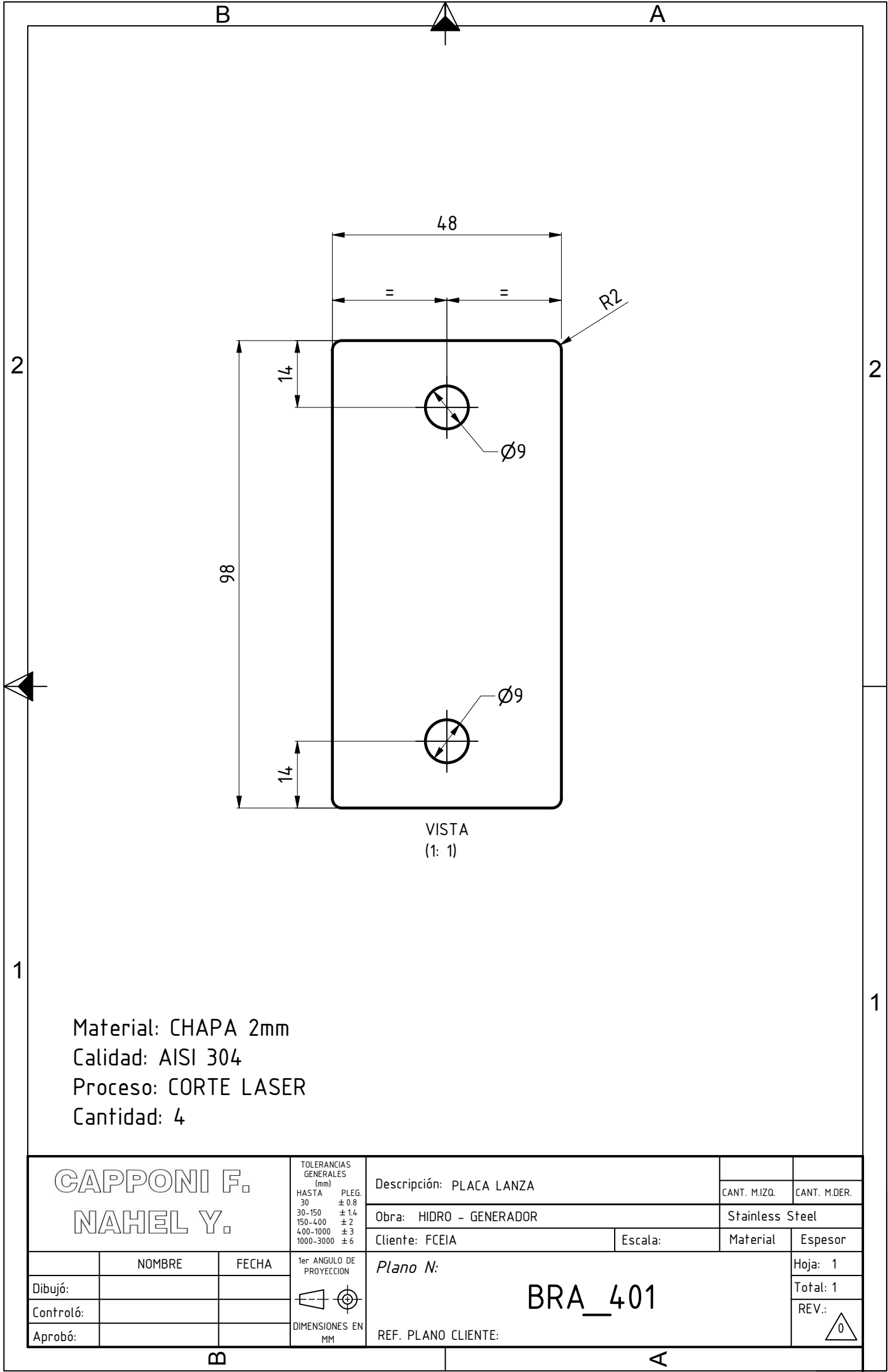
LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504



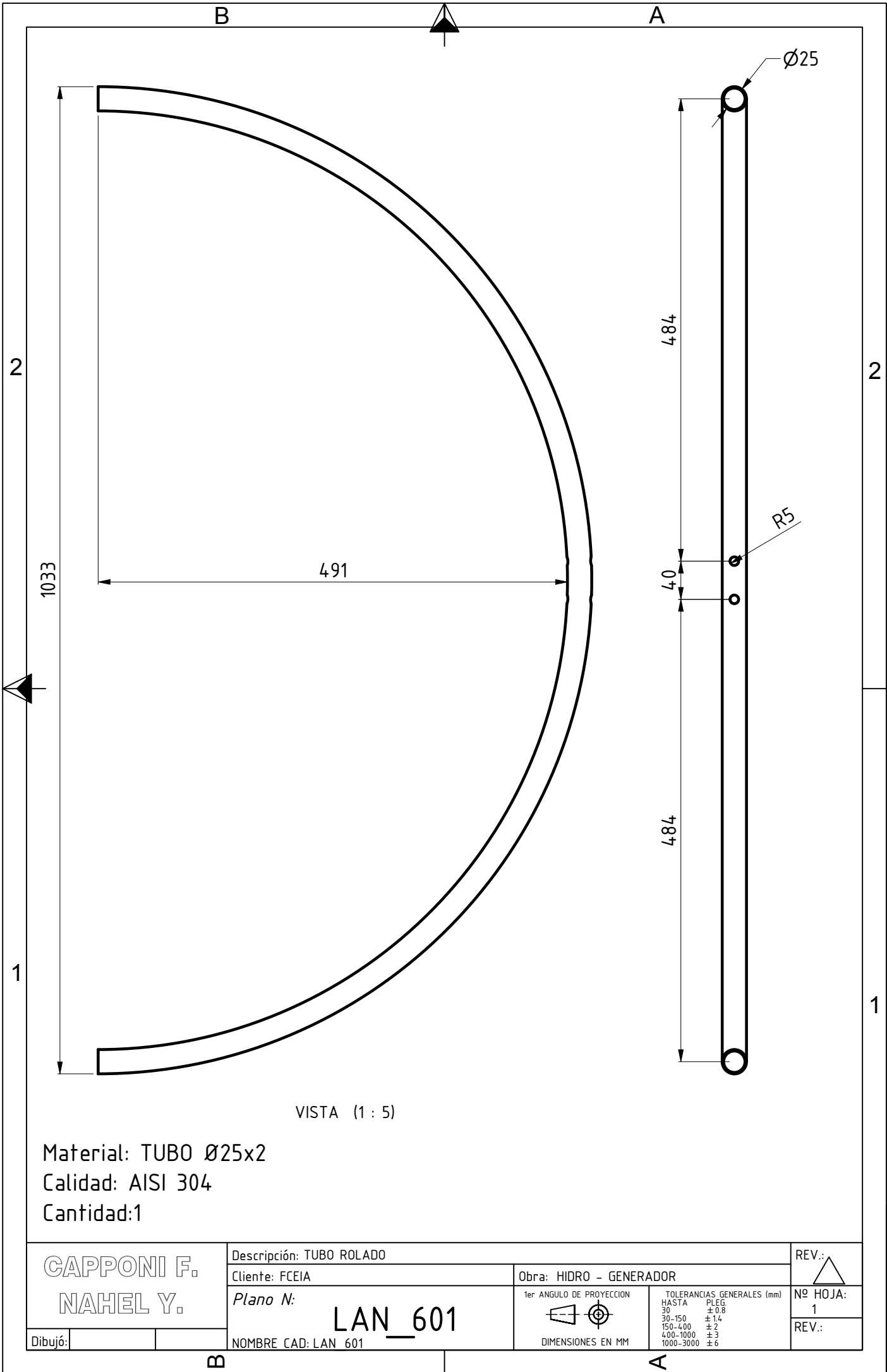
LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCCION O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504

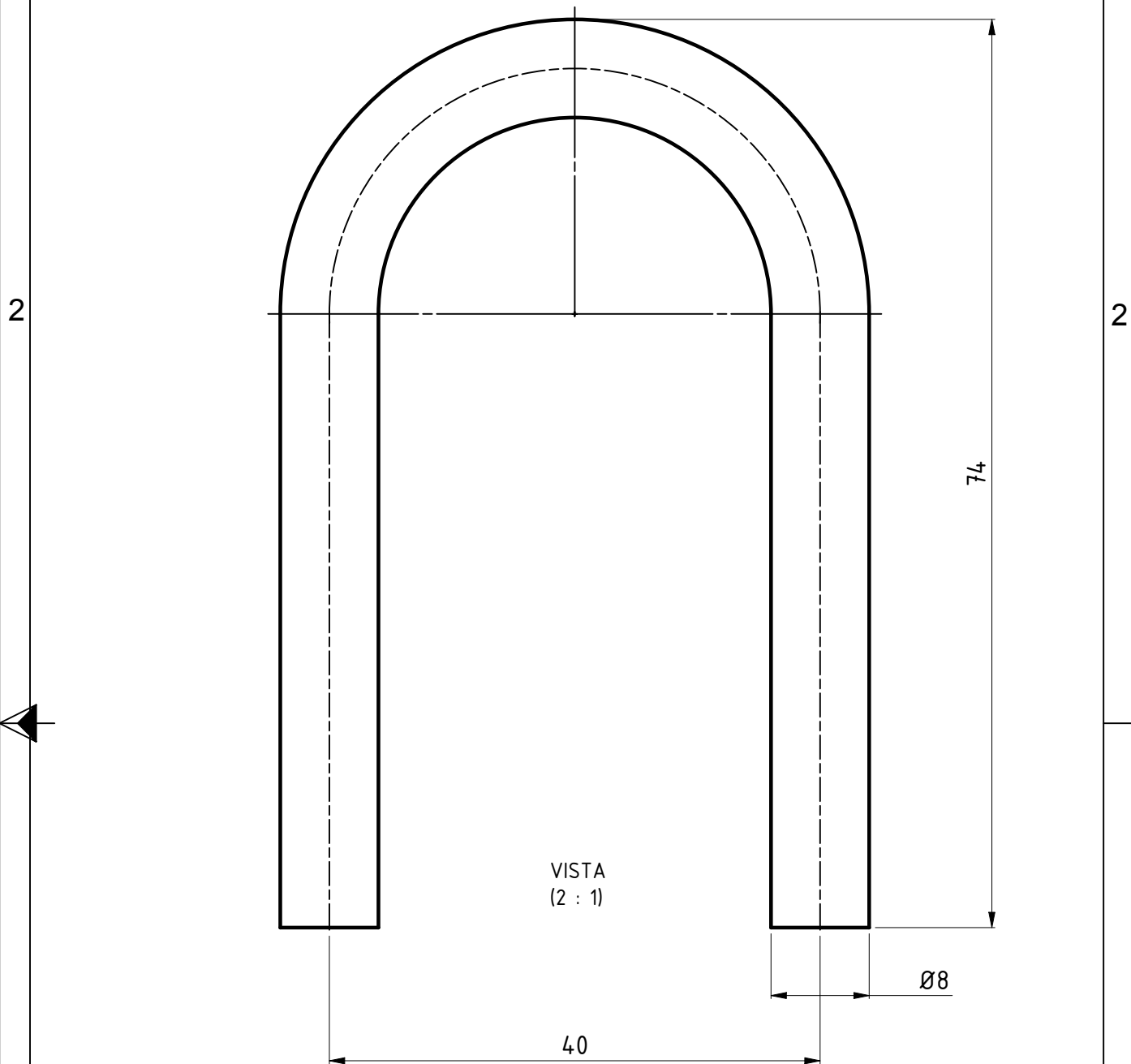


LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA



Material: REDONDO Ø8mm
Calidad: AISI 304
Cantidad: 1

CAPPONI F.
NAHEL Y.

TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
HASTA	PLEG.
30	± 0.8
30-150	± 1.4
150-400	± 2
400-1000	± 3
1000-3000	± 6

Descripción: CANCAMO

Obra: HIDRO - GENERADOR

Cliente: FCEIA

Escala:

CANT. M.IZQ.

CANT. M.DER.

Genérico

Material

Espesor

	NOMBRE	FECHA
Dibujó:		
Controló:		
Aprobó:		



DIMENSIONES EN
MM

Plano N:

LAN_602

REF. PLANO CLIENTE:

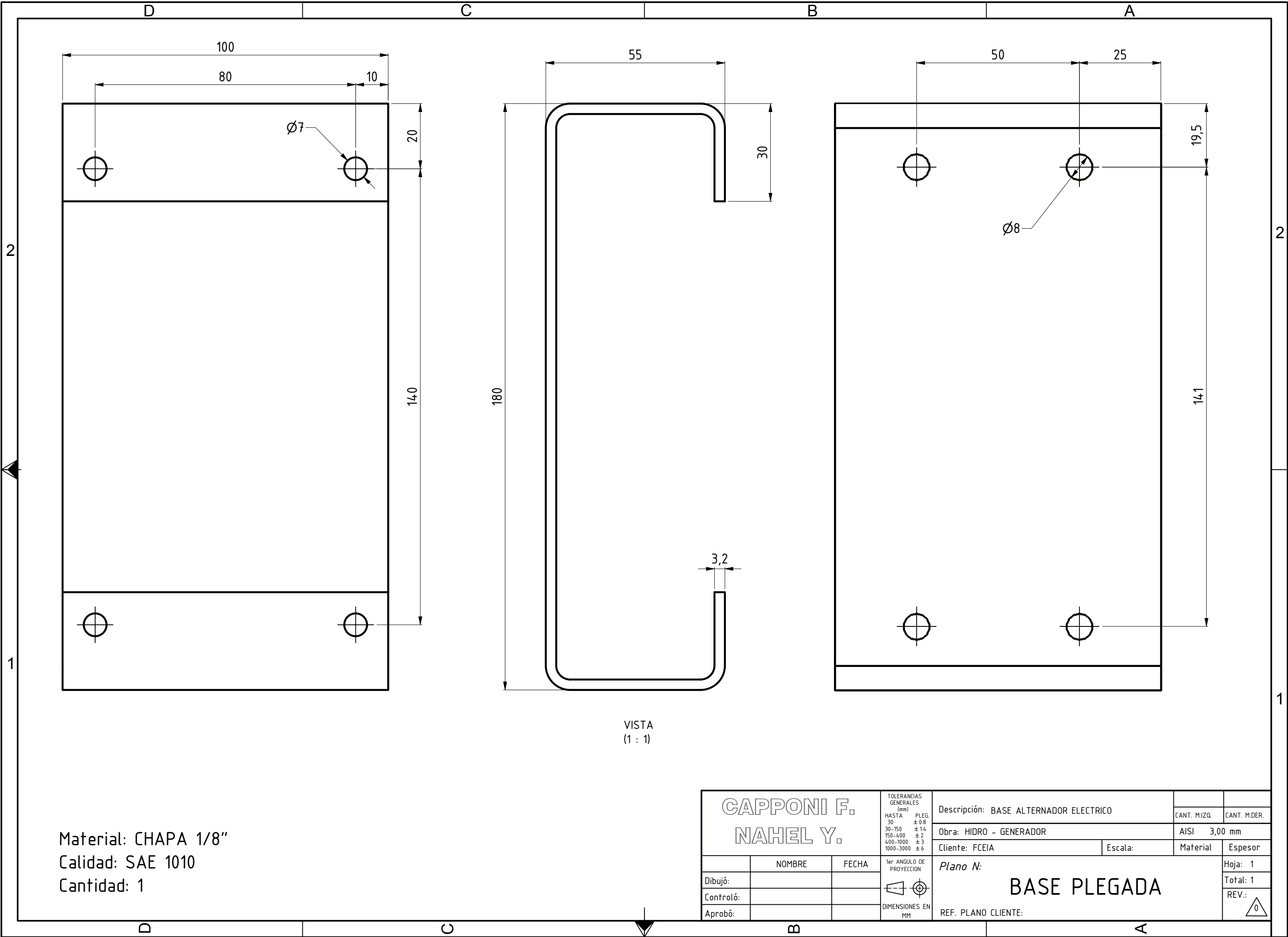
Hoja: 1

Total: 1

REV.:

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

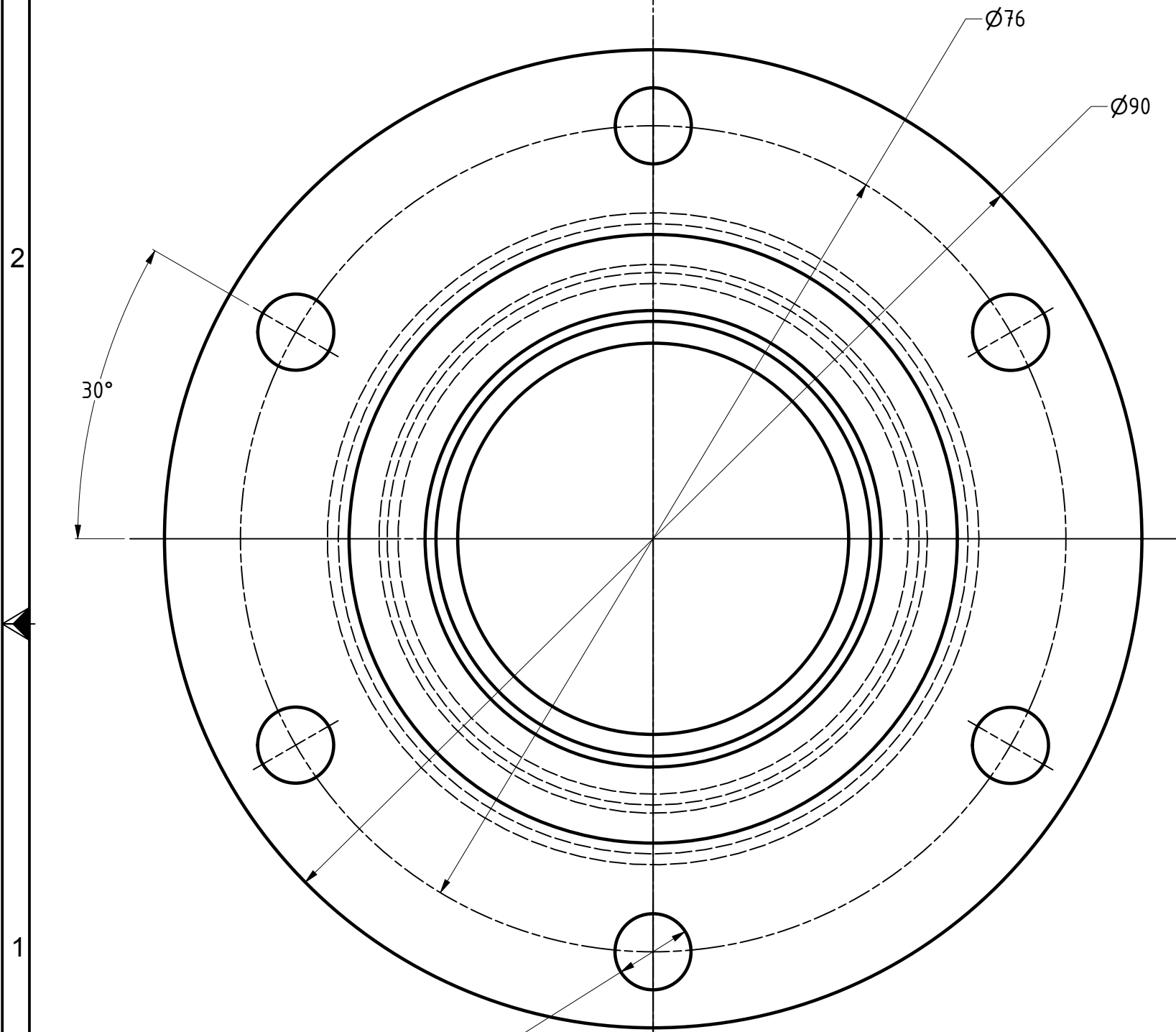
FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

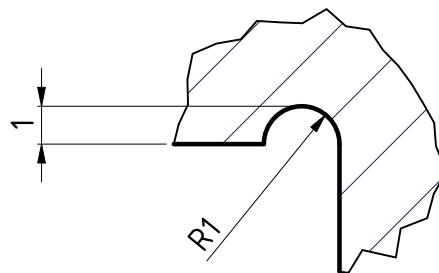
FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504

3 CHAFLANES 1x45°
MATAR CANTOS VIVOS



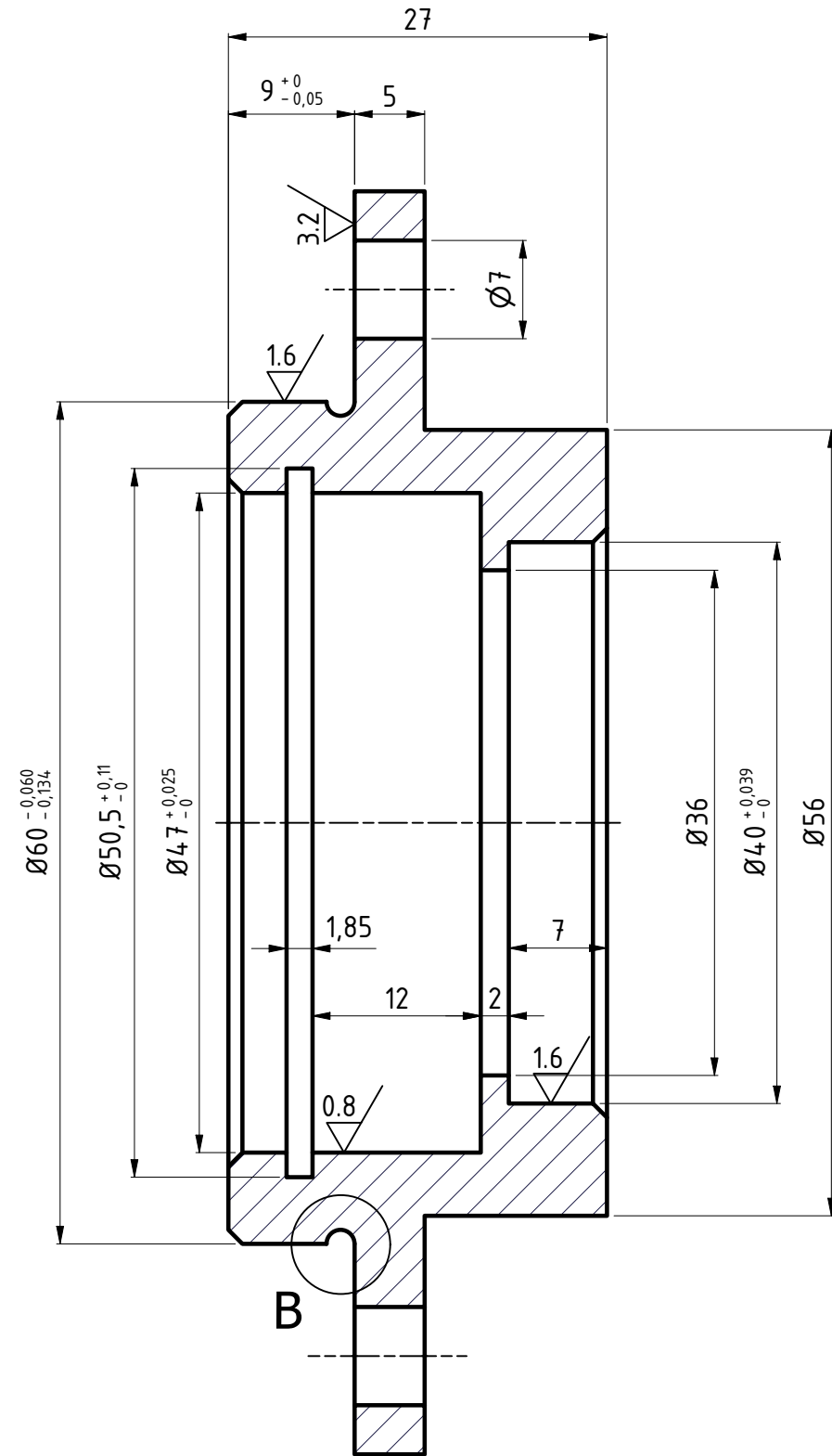
6 Perf. Ø7 c/60°

VISTA
(2 : 1)



DETALLE B
(5 : 1)

Material: REDONDO Ø90mm
Calidad: AISI 304
Cantidad: 2



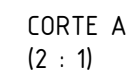
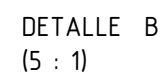
CORTE A
(2 : 1)

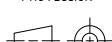
3.2/ 1.6/ (✓) 0.8/ (✓)

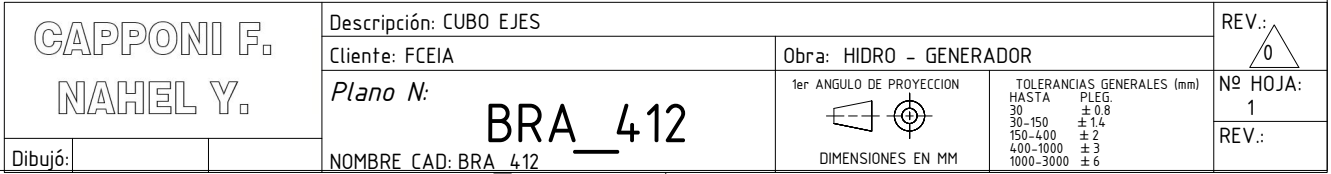
CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm)		Descripción: CUBO RODAMIENTO		CANT. MIZQ.	CANT. M.DER.
					Obra: HIDRO - GENERADOR		Stainless Steel	
					Cliente: FCEIA	Escala:	Material	Espesor
Dibujó: Y. NAHEL			1er ANGULO DE PROYECCION		Plano N:			Hoja: 1
Controló:			DIMENSIONES EN MM		REF. PLANO CLIENTE:			Total: 1
Aprobó:					BRA_402			REV.: 0

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



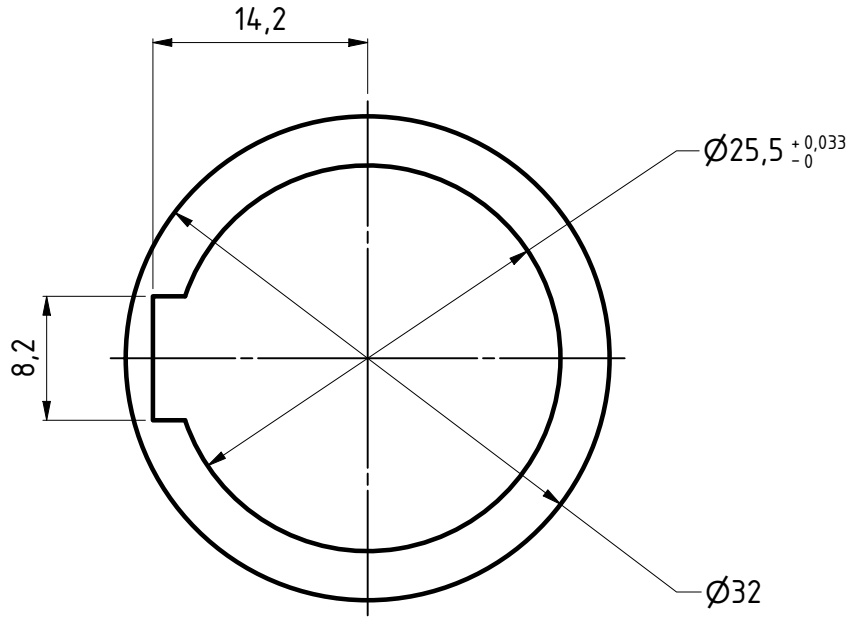
CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 PLEG. ± 0.8 30-150 ± 1.4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6	Descripción: CUBO RODAMIENTO		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.
				Obra: HIDRO - GENERADOR		SAE 1010	
			Cliente: FCEIA	Escala:	Material	Espesor	
	NOMBRE	FECHA	1er ANGULO DE PROYECCION  DIMENSIONES EN MM Plano N: BRA_411 REF. PLANO CLIENTE:				Hoja: 1
Dibujó:							Total: 1
Controló:							REV.: 0
Aprobó:							



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A4
210x297
IRAM 4504

3.2/ (✓)



VISTA
(2: 1)



Material: REDONDO 35mm
Calidad: SAE 1010
Cantidad: 3

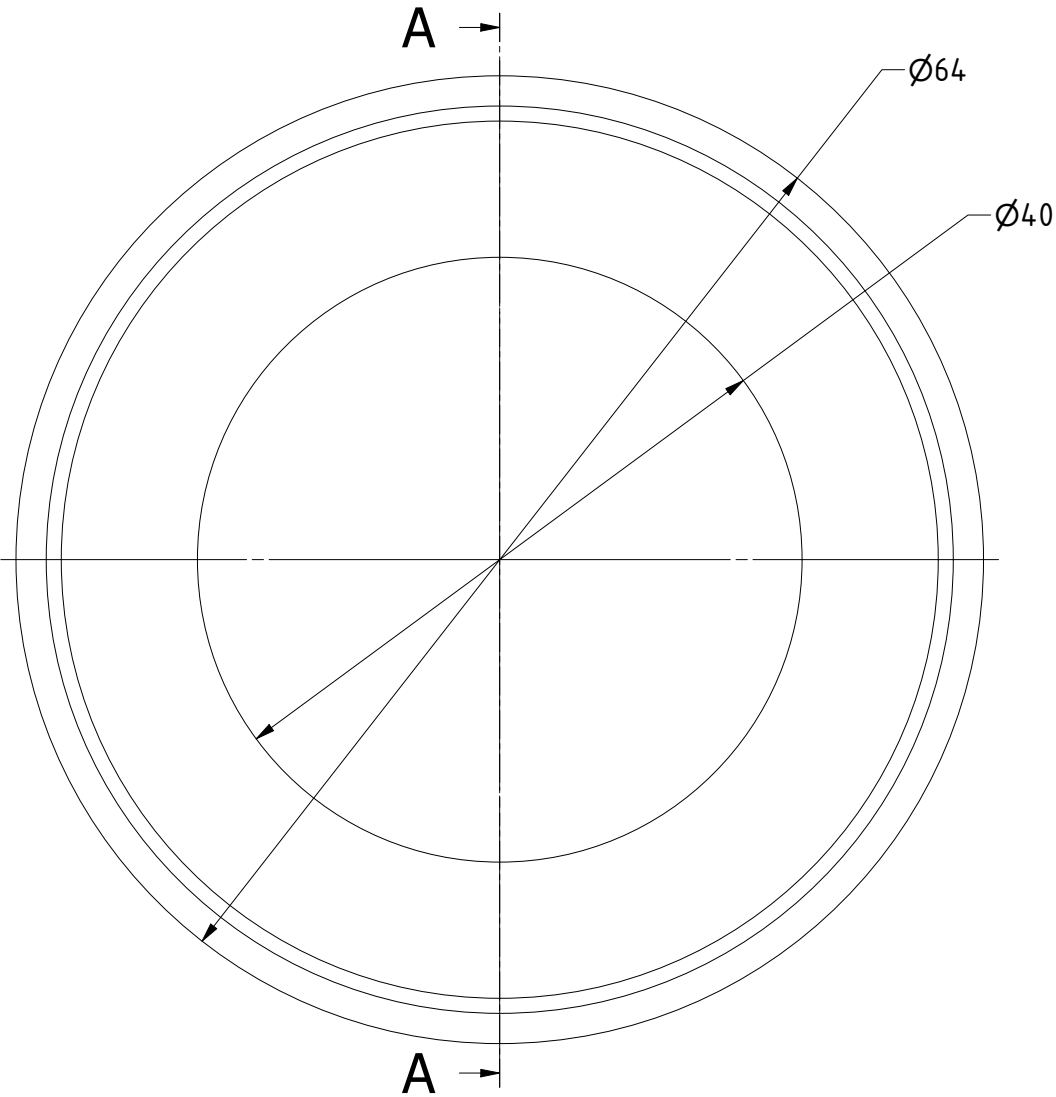
CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 ± 0,8 30-150 ± 1,4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6		Descripción: BUJE SEPARADOR		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.		
					Obra: HIDRO - GENERADOR		SAE 1010			
NOMBRE			FECHA		Cliente: FCEIA		Escala:	Material	Espesor	
Dibujó:					Plano N:				Hoja: 1	
Controló:					BRA_406				Total: 1	
Aprobó:									REV.: 0	
			1er ANGULO DE PROYECCION		REF. PLANO CLIENTE:					

B

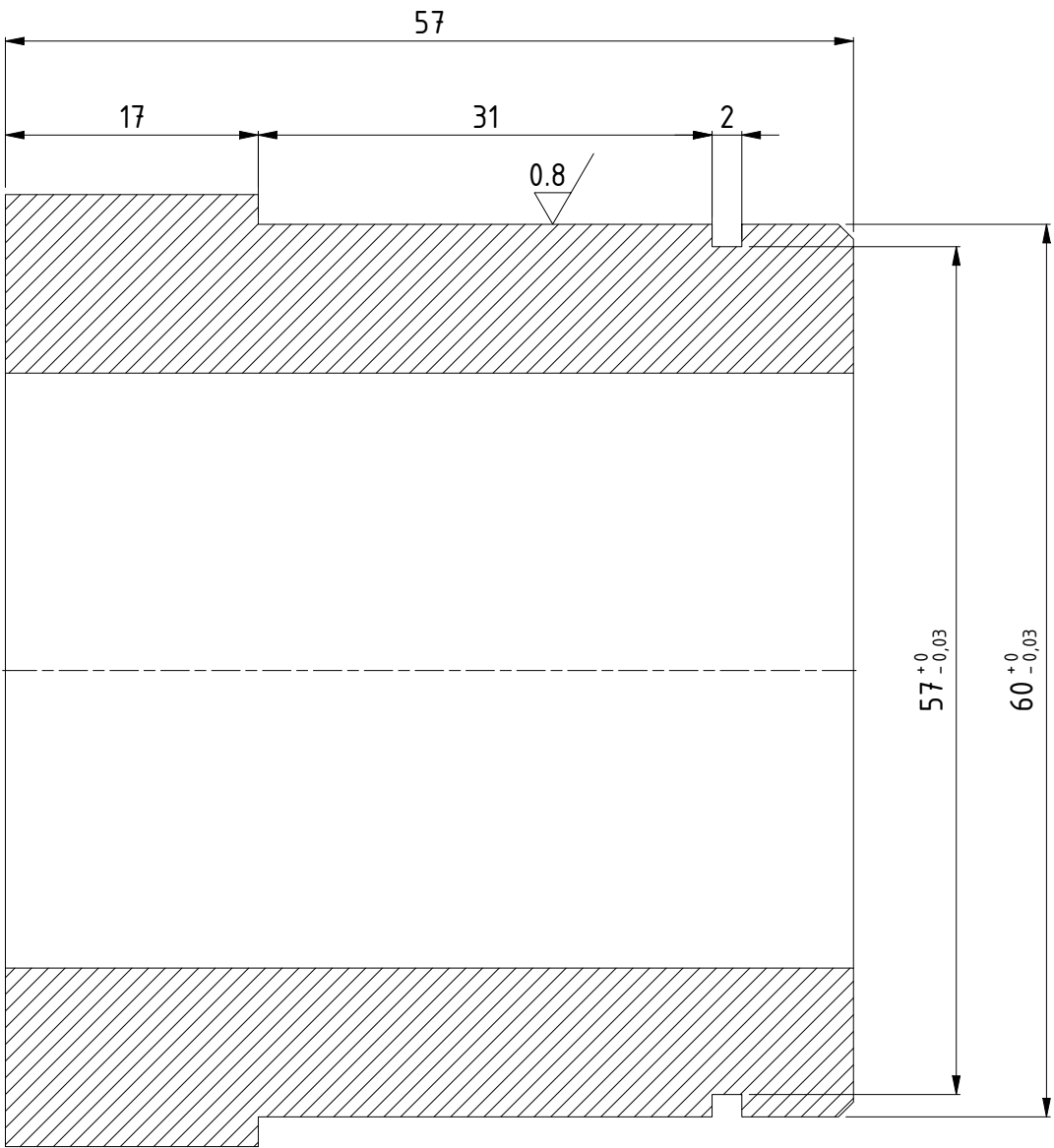
A

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504



VISTA (2: 1)



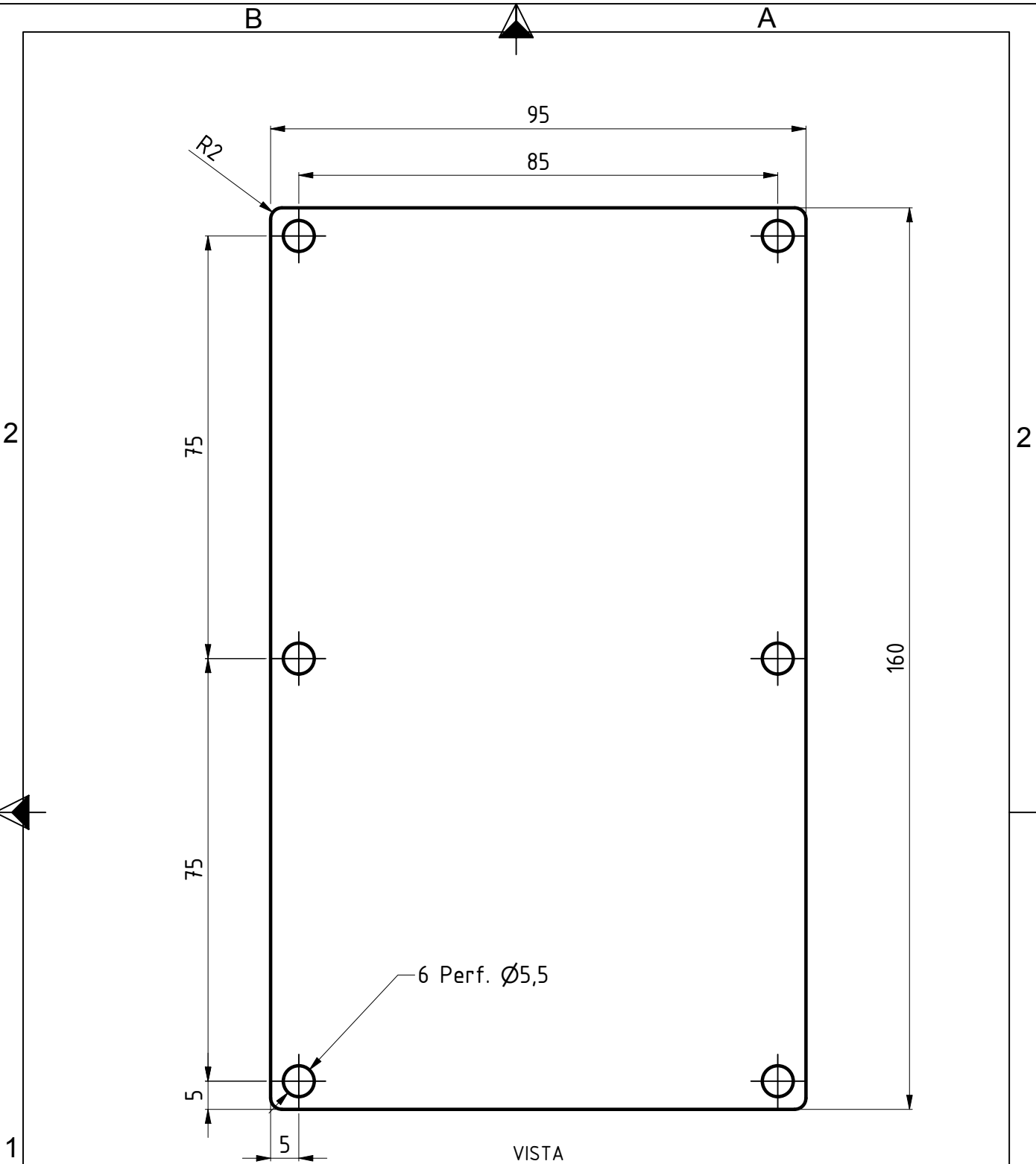
CORTE A-A
(2: 1)

3.2 / 0.8 (✓)

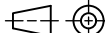
Material: REDONDO Ø70mm
Calidad: AISI 304
Cantidad: 1

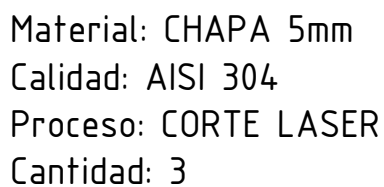
Dibujó:	CAPPONI F. NAHEL Y.		Descripción: EJE BRAZO SECUNDARIO		REV.: 0
	Cliente: FCEIA		Obra: HIDRO - GENERADOR		Nº HOJA: 1
Plano N: BRA_413		1er ANGULO DE PROYECCION		TOLERANCIAS GENERALES (mm)	
NOMBRE CAD: BRA_413		DIMENSIONES EN MM		HASTA PLEG	
				30 ±0.8	
				30-150 ±1.4	
				150-400 ±2	
				400-1000 ±3	
				1000-3000 ±6	
				REV.:	

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

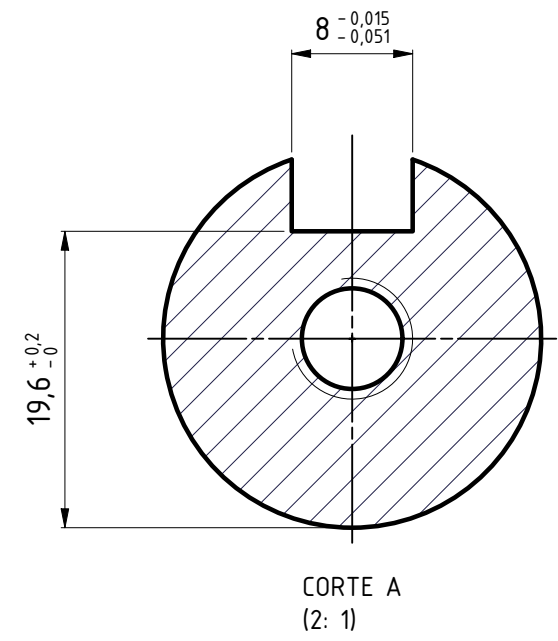
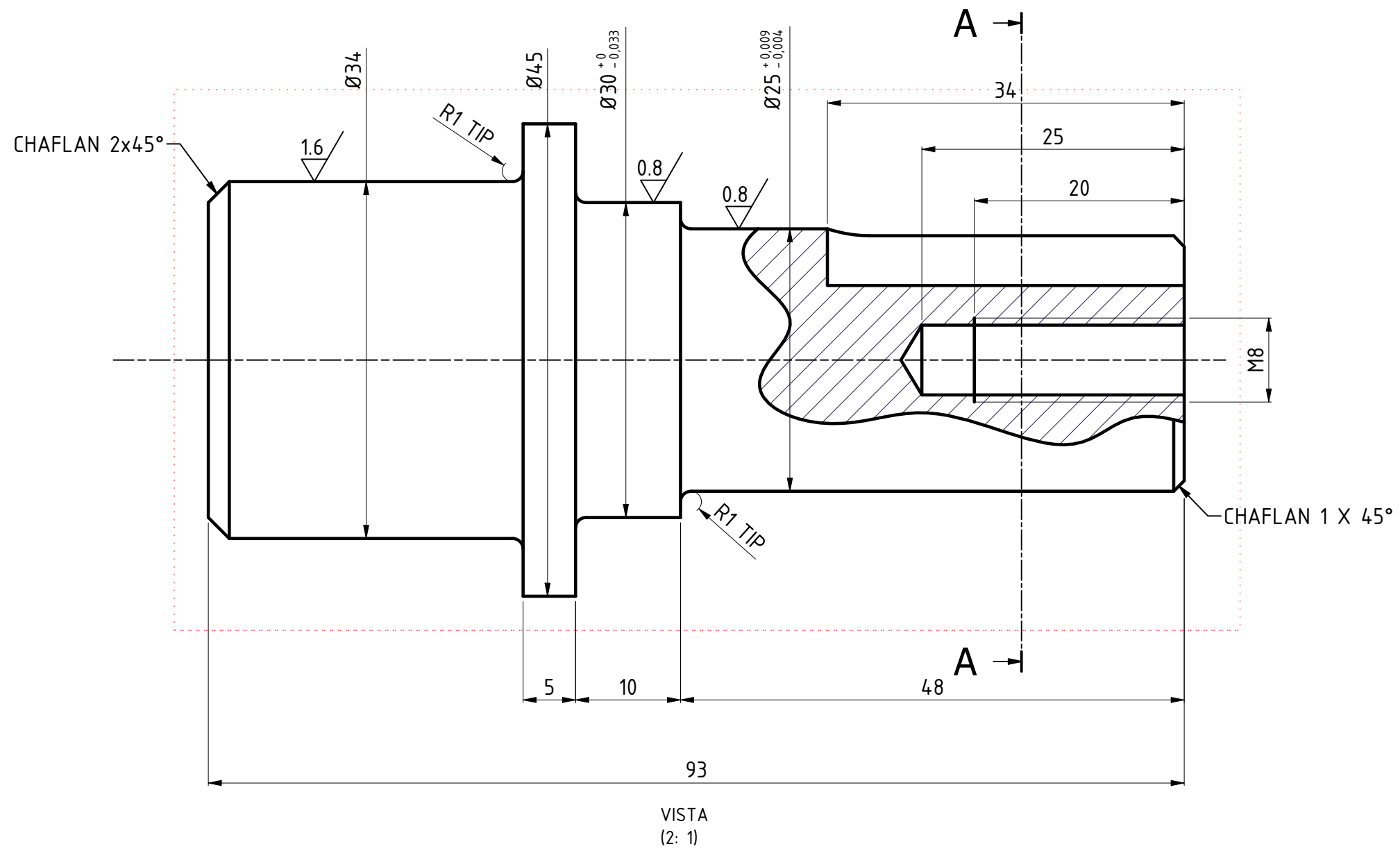


Material: CHAPA 3mm
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 1

CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 PLEG. ± 0.8 30-150 ± 1.4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6	Descripción: TAPA ACCESO CORREA			
					CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.	
				Obra: HIDRO - GENERADOR	AISI 3,00 mm		
				Cliente: FCEIA	Escala:	Material	Espesor
	NOMBRE	FECHA	1er ANGULO DE PROYECCION  DIMENSIONES EN MM	Plano N: BRA_409 REF. PLANO CLIENTE:			Hoja: 1
Dibujó:							Total: 1
Controló:							REV.: 0
Aprobó:							



1.6 / 0.8 (✓)



LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

Material: REDONDO Ø50mm
Calidad: AISI 304
Cantidad: 1

CAPPONI F. NAHEL Y.			Descripción: EJE MOTRIZ TURBINA		CANT. MIZQ.	CANT. M.DER.
					Stainless Steel	
			Obra: HIDRO - GENERADOR		Material	Espesor
			Cliente: FCEIA		Escala:	
			Plano N: ROT_301			Hoja: 1
						Total: 1
						REV.: 0
			REF. PLANO CLIENTE:			

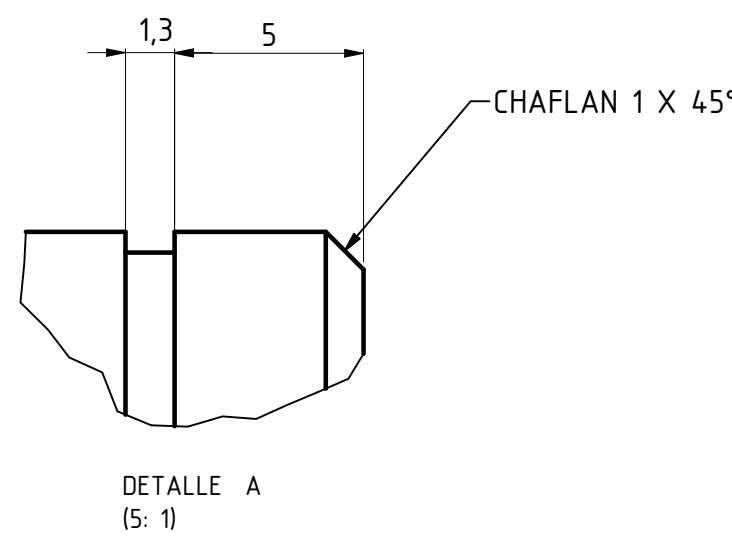
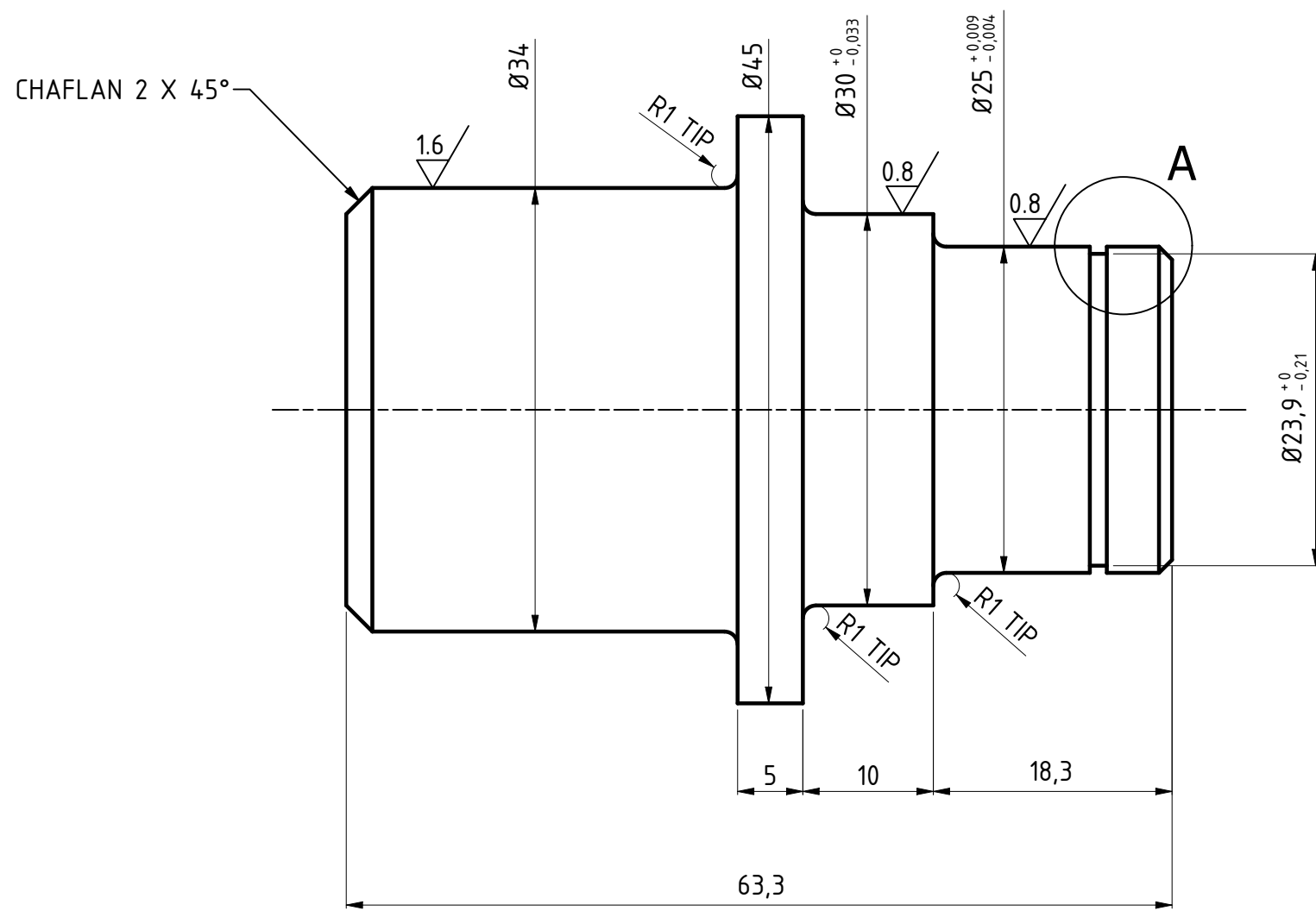
	NOMBRE	FECHA
Dibujó:		
Controló:		
Aprobó:		

TOLERANCIAS GENERALES (mm)
HASTA 30 ± 0.8
30-150 ± 1.4
150-400 ± 2
400-1000 ± 3
1000-3000 ± 6
1er ANGULO DE PROYECCION
DIMENSIONES EN MM

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE
ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O
TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O
PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504

1.6/ 0.8/ (✓)

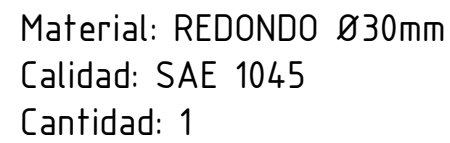
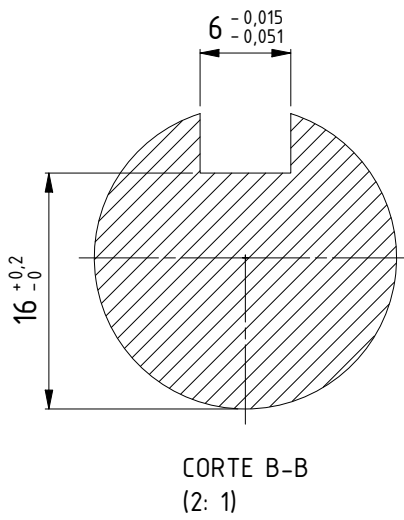


Material: REDONDO Ø50mm
Calidad: AISI 304
Cantidad: 1

GAPPONI F. NAHEL Y.			Descripción: EJE SECUNDARIO TURBINA		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.
					SAE 1010	
			Obra: HIDRO - GENERADOR		Material	Espesor
			Cliente: FCEIA		Material	Espesor
			Escala:		Material	Espesor
			Plano N:		Hoja: 1	Total: 1
			REF. PLANO CLIENTE:		REV.: 0	

GAPPONI F. NAHEL Y.			Descripción: EJE SECUNDARIO TURBINA		CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.
					SAE 1010	
			Obra: HIDRO - GENERADOR		Material	Espesor
			Cliente: FCEIA		Material	Espesor
			Escala:		Material	Espesor
			Plano N:		Hoja: 1	Total: 1
			REF. PLANO CLIENTE:		REV.: 0	

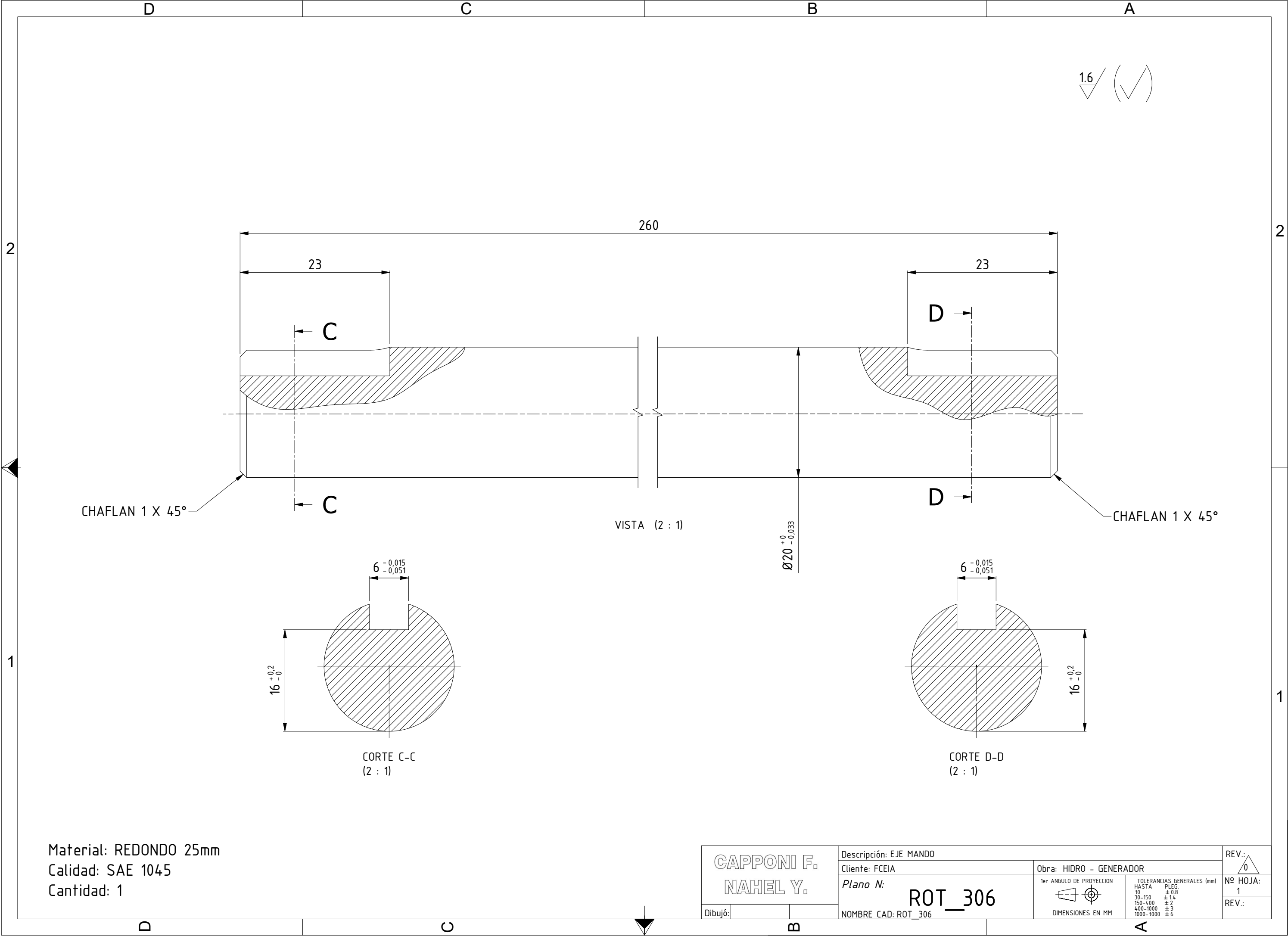
1.6 0.8 (✓)

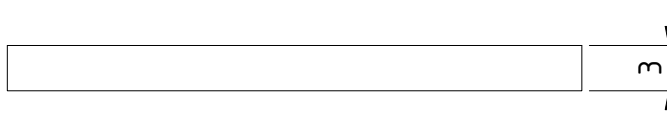


CAPPONI F. NAHEL Y.			Descripción: EJE MOTRIZ SUPERIOR				REV.: 0
			Cliente: FCEIA	Obra: HIDRO - GENERADOR			Nº HOJA: 1
Dibujó:			Plano N: ROT_305	1er ANGULO DE PROYECCION 	TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA PLEG 30 ± 0,8 30-150 ± 1,4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6		
			NOMBRE CAD: ROT_305	DIMENSIONES EN MM			

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504





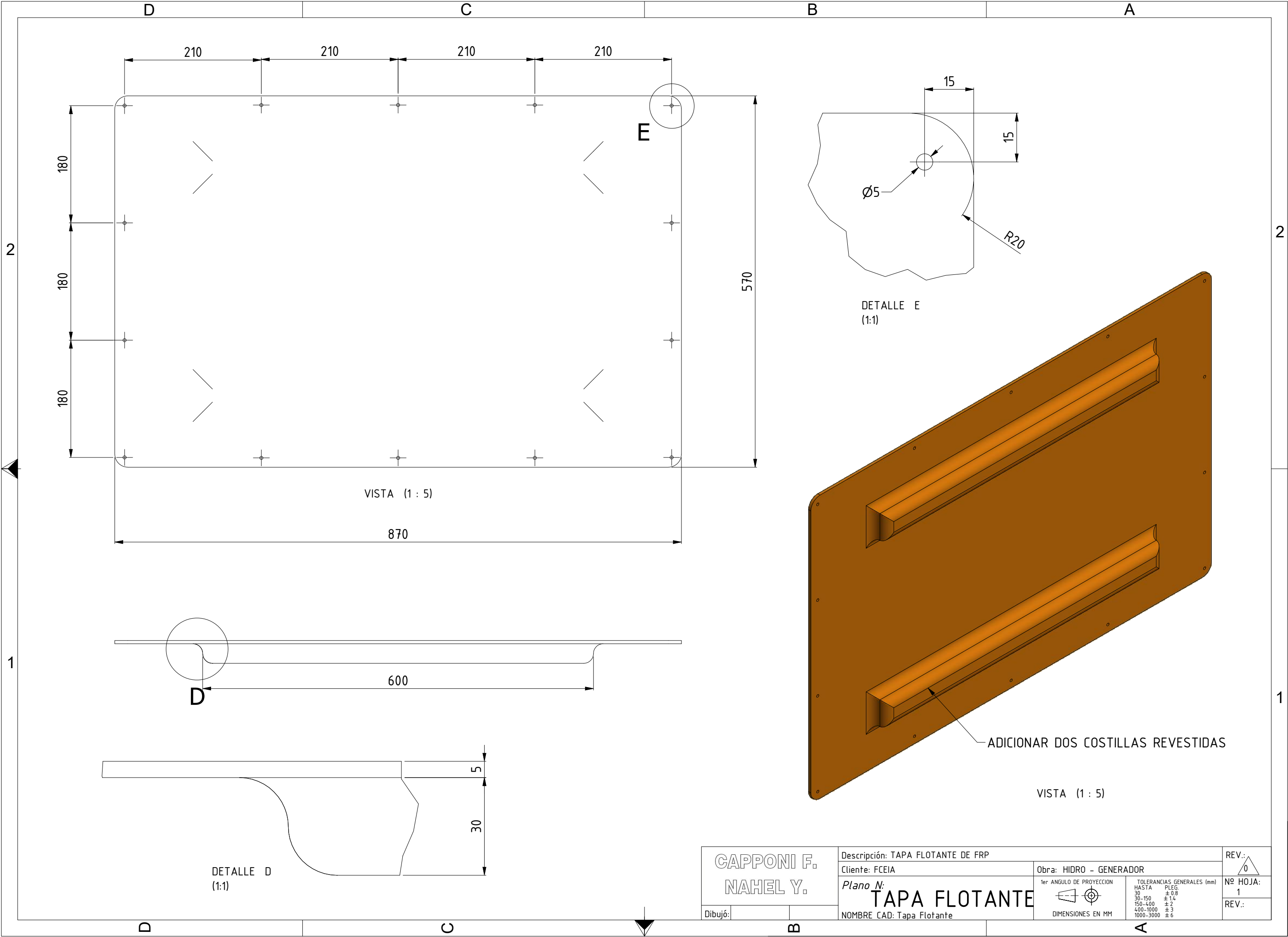
VISTA
(2 : 1)

Material: CHAPA 3mm
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 2

CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm)		Descripción: ARANDELA FIJACION				
			HASTA 30	PLEG. ± 0.8			CANT. M.IZQ.	CANT. M.DER.	
			30-150	± 1.4	Obra: HIDRO - GENERADOR		SAE 1010		
			150-400	± 2	Cliente: FCEIA		Escala:	Material	
			400-1000	± 3					Espesor
			1000-3000	± 6					
	NOMBRE	FECHA	1er ANGULO DE PROYECCION		Plano N: ROT_304 REF. PLANO CLIENTE:				Hoja: 1
Dibujó:									Total: 1
Controló:									REV.:
Aprobó:			DIMENSIONES EN MM						0

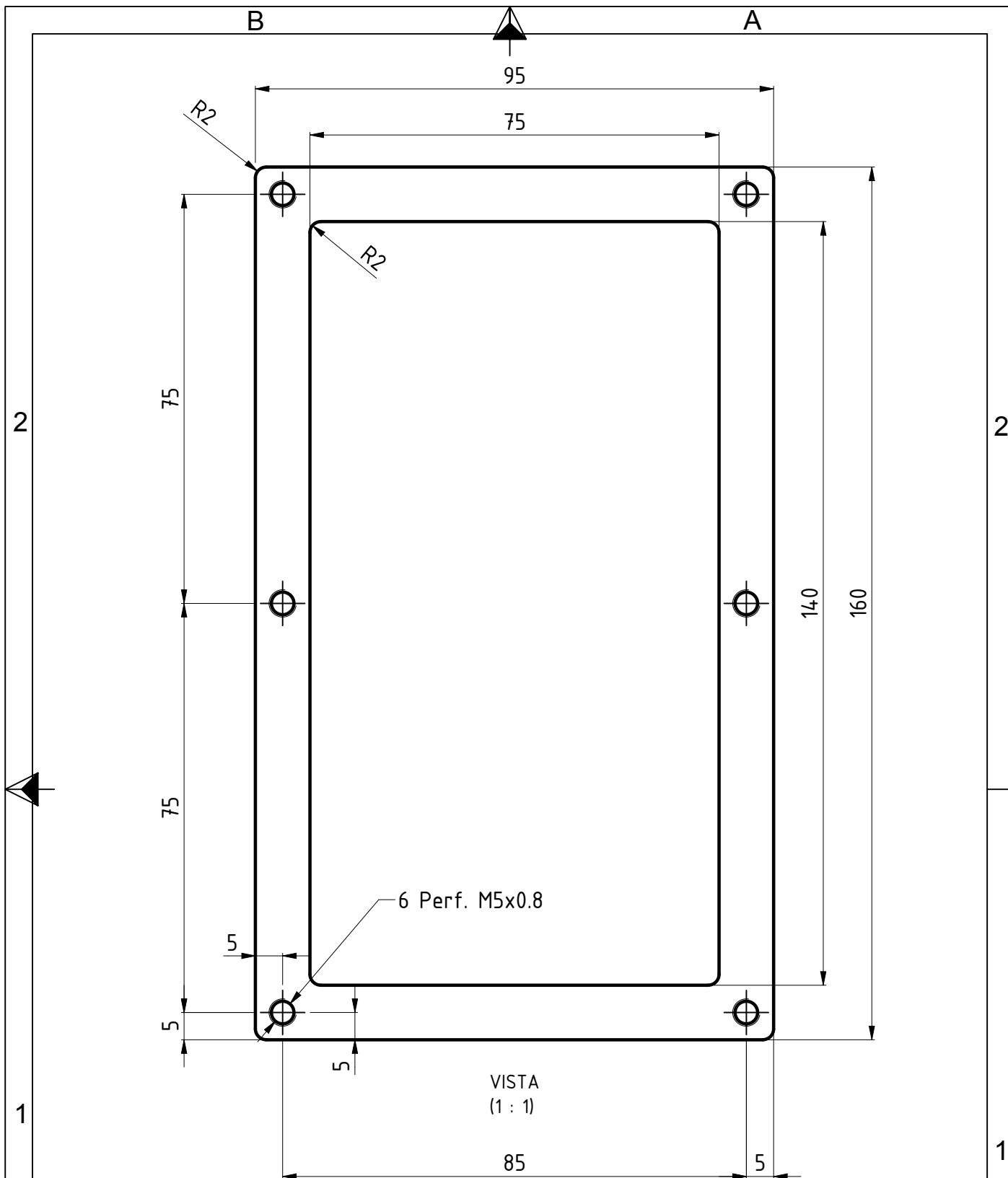
LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA

FORMATO A3 - 420x297
IRAM 4504

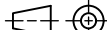


Dibujó:	Descripción: TAPA FLOTANTE DE FRP		Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.: 0
	Cliente: FCEIA		1er ANGULO DE PROYECCION		Nº HOJA: 1
	Plano N: TAPA FLOTANTE		TOLERANCIAS GENERALES (mm)		REV.:
NOMBRE CAD: Tapa Flotante		DIMENSIONES EN MM			

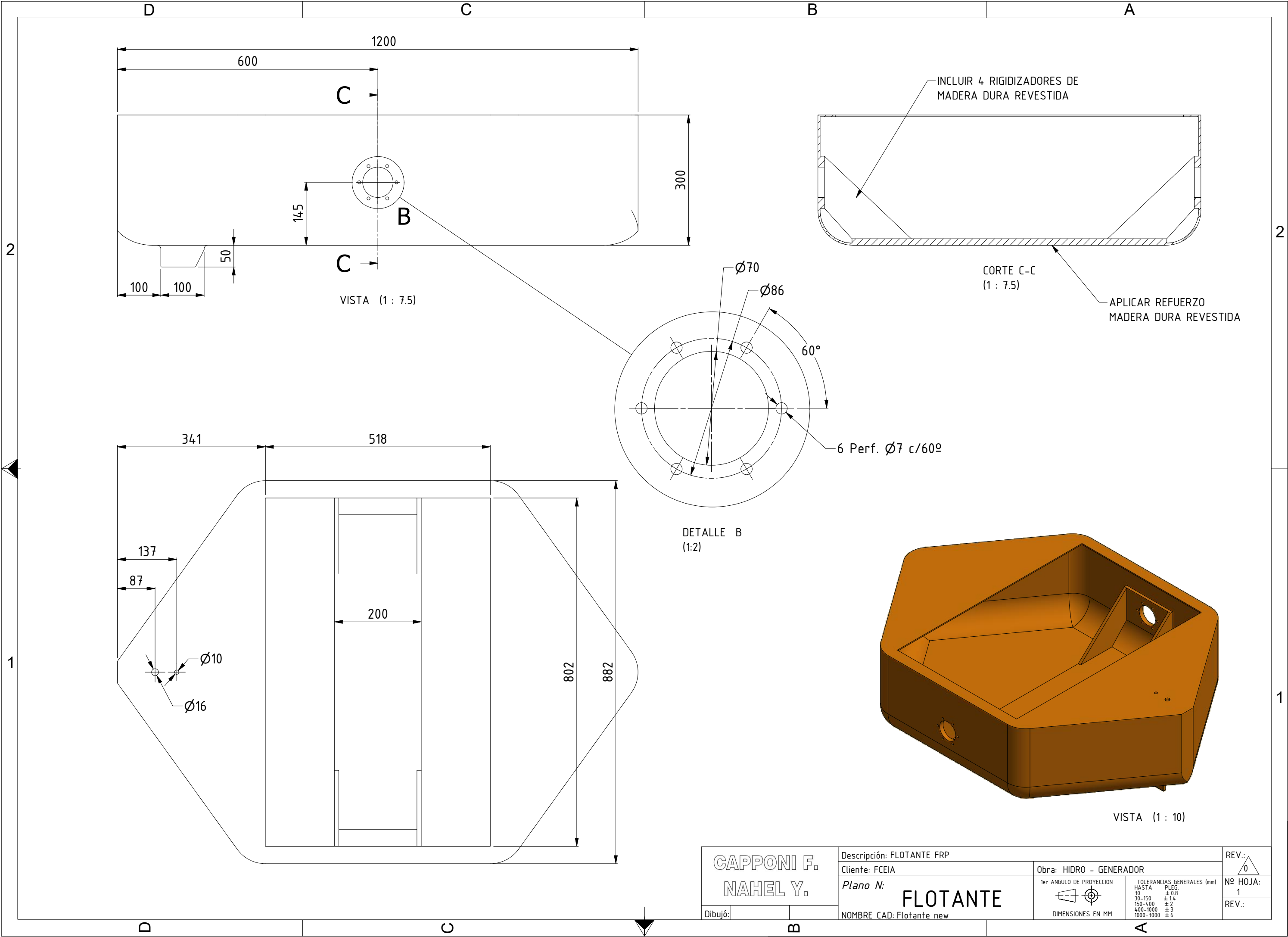
FORMATO A4
210x297
IRAM 4504



Material: CHAPA 5mm
Calidad: AISI 304
Proceso: CORTE LASER
Cantidad: 1

CAPPONI F. NAHEL Y.			TOLERANCIAS GENERALES (mm) HASTA 30 PLEG. ± 0.8 30-150 ± 1.4 150-400 ± 2 400-1000 ± 3 1000-3000 ± 6		Descripción: BASE TAPA			
			Obra: HIDRO - GENERADOR		CANT. M.IZQ.		CANT. M.DER.	
			Cliente: FCEIA		Escala:		AISI 3,00 mm	
	NOMBRE	FECHA	1er ANGULO DE PROYECCION 		Plano N: BRA_408		Hoja: 1 Total: 1 REV.: 	
Dibujó:			DIMENSIONES EN MM		REF. PLANO CLIENTE:			
Controló:								
Aprobó:								

LA FIRMA SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE ELABORADO CON PROHIBICION DE REPRODUCIRLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE A OTRA FIRMA O PERSONA SIN SU PREVIA AUTORIZACION ESCRITA



CAPPONI F. NAHEL Y.	Descripción: FLOTANTE FRP		Obra: HIDRO - GENERADOR		REV.: 0
	Cliente: FCEIA		1er ANGULO DE PROYECCION		Nº HOJA: 1
	Plano N: FLOTANTE		TOLERANCIAS GENERALES (mm)		REV.:
Dibujó:		NOMBRE CAD: Flotante new		DIMENSIONES EN MM	
				HASTA PLEG	
				30 ± 0,8	
				30-150 ± 1,4	
				150-400 ± 2	
				400-1000 ± 3	
				1000-3000 ± 6	