 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# Diseño de banco hidráulico para pruebas de micro turbinas hidráulicas

Yair Duban Holguin Garcés

Jonathan Rivera Piza

Tecnología Electromecánica

Director: Juan Gonzalo Ardila Marín

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**30 junio de 2016**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

En esta sección se incluye el objeto del trabajo, la metodología utilizada para su desarrollo y los principales resultados y conclusiones encontradas. No debe incluir referencias y deberá tener una longitud máxima de 300 palabras.

*Palabras clave:* Palabras técnicas significativas que identifiquen el trabajo desarrollado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

En esta sección se expresan los agradecimientos a las personas que colaboraron con la formación del estudiante y con el desarrollo del trabajo de grado, grupos de investigación que apoyaron con equipos, componentes, software, etc., colegas, familiares y amigos que realizaron un aporte importante en el desarrollo del trabajo o en la elaboración del informe final del mismo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# TABLA DE CONTENIDO

---

<b>1</b>	
1.	INTRODUCCIÓN ..... 7
1.1.	GENERALIDADES ..... 7
1.2.	OBJETIVOS ..... 7
1.2.1.	General.....7
1.2.2.	Específicos.....7
1.3.	ORGANIZACIÓN DE LA TESIS..... 7
2.	MARCO TEÓRICO ..... 8
2.1	TURBINA MICHELL-BANKI .....8
2.2	MANGUERAS PARA AGUA .....8
2.3	ACERO INOXIDABLE .....8
3.	METODOLOGÍA..... 10
3.1.	ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS. .... 10
3.2	SELECCIÓN DEL CONCEPTO A PARTIR DE OPCIONES VIABLES.....12
3.2.1	VENTAJAS BANCOS DE PRUEBAS EXISTENTES .....13
3.2.2	DESVENTAJAS BANCOS DE PRUEBAS EXISTENTES .....13
3.1	DISEÑO DEL DETALLE DEL BANCO HIDRÁULICO MEDIANTE HERRAMIENTA CAD. 14
3.2	ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE DESARROLLO DEL BANCO HIDRÁULICO..... 15
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 16
4.1	SELECCIÓN DE CONCEPTO..... 16
4.2	DISEÑO DE CONCEPTO..... 16
4.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO ..... 38
	REFERENCIAS ..... 39
	APÉNDICE..... 41

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. GENERALIDADES

Entendiendo la necesidad mundial de desarrollos de turbinas hidráulicas para generación de energía eléctrica, el Instituto Tecnológico Metropolitano consciente de dicha necesidad tiene registrado en su Centro de Investigaciones el proyecto P13143 “Sistemas modulares de micro generación hidráulica basados en materiales compuestos Etapa1: Caracterización y evaluación de diferentes tipos de micro turbinas hidráulicas vía simulación numérica”, dicho proyecto se encuentra finalizando y los investigadores de la línea en Computación Avanzada y Diseño Digital (CADD) del grupo de investigación en Materiales Avanzados y Energía (MATyER) se encuentran proponiendo la etapa 2 que consistirá en la caracterización y evaluación vía experimental, pero el ITM no cuenta con un laboratorio de turbo máquinas hidráulicas, por lo que resulta pertinente la adquisición de equipos de este tipo para la interacción de los investigadores, los docentes y los estudiantes con los principios y fenómenos involucrados, brindando así la posibilidad de entenderlos y evaluarlos. Este proyecto responde a dicha necesidad puesto que, para la construcción de un banco de pruebas eficiente, lo más importante es tener un diseño exacto y bien estudiado que brinde solución a todos los problemas que se puedan presentar.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. General

Diseñar un banco hidráulico para realizar pruebas de rotores de micro turbinas hidráulicas, mediante el uso de herramientas CAD, el cual supla la necesidad del ITM de estudiar la implementación de este tipo de recurso.

### 1.2.2. Específicos

- 1.2.2.1 Especificar los requerimientos necesarios del banco hidráulico.
- 1.2.2.2 Seleccionar el concepto del banco hidráulico a partir de varias opciones viables que se acomoden al proyecto encontrando la más adecuada para su posterior desarrollo.
- 1.2.2.3 Diseñar el detalle del banco hidráulico mediante herramienta CAD.
- 1.2.2.4 Elaborar el presupuesto del proyecto de desarrollo del banco hidráulico.

## 1.3. ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 TURBINA MICHELL-BANKI

La turbina Michell-Banki, también conocida por los nombres de turbina de flujo cruzado, turbina de flujo transversal o turbina banki, es una maquina hidráulica utilizada en aprovechamientos hidroeléctricos de hasta 2000kW. Lo que la hace atractiva frente a otras turbinas clásicas es la sencillez de su construcción y, para ciertos rangos de caída y caudal, su costo significativamente menor.

El funcionamiento de la Banki no guarda similitud con ninguna de las turbinas conocidas. El agua ingresa a través de inyector, dentro del cual se halla alojada la válvula reguladora de caudal; por medio de esta válvula, se ejerce un control en la rotación del eje de salida, de acuerdo con la variación de la demanda de la potencia en el generador. Una vez que el agua termina su recorrido por el inyector, ingresa al rodete por su periferia, entregando parte de su energía al entrar en contacto con los alabes. (Paredes Gutiérrez, Palacio Higuita, & Gómez Gómez, 2008)

### 2.2 MANGUERAS PARA AGUA

Las mangueras para agua, se fabrican con tubos de EPDM o de SBR (Copolímeros de butadieno y estireno). Este último debido a que se llegan a utilizar para manejo de lodos y se requieren mangueras resistentes a la abrasión interna. La PH+ tiene una cubierta de asbesto encapsulado, a fin de darle resistencia elevada al calor cuando es usada como conductor de agua de enfriamiento para las puertas de los hornos de fundición.

### 2.3 ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable es la aleación de hierro con un contenido de cromo  $> 10,5\%$  y de carbono  $< 1,2\%$ , necesario para asegurar una capa protectora superficial autorregenerable (capa pasiva) que proporcione la resistencia a la corrosión.

#### Familias principales

- **Austenítico:** Aleación hierro, cromo, níquel, carbono  $< 0,1\%$  (incluye el tipo 1.4301/304, normalmente conocido como 18/8; 18/10), amagnético en condiciones de suministro, utilizado mundialmente en más del 65% de los casos.
- **Ferrítico:** Aleación hierro, cromo, carbono  $< 0,1\%$ , magnético.
- **Martensítico:** Aleación hierro, cromo, carbono  $> 0,1\%$ , magnético y endurecible.
- **Dúplex:** Aleación hierro, cromo, níquel, estructura austenoferrítica, magnético.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **Propiedades principales**

Resistencia a la corrosión – estética – resistencia al calor – bajo coste del ciclo de vida total – reciclable – biológicamente neutro – fácil fabricación y limpieza – ratio resistencia-peso.(Inox, 2011)

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1. ESPECIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.

Partiendo de que el Instituto Tecnológico Metropolitano tiene a los investigadores de la línea (CADD) del grupo de investigación (MATyER) proponiendo la etapa 2 del proyecto P13143 que consistirá en la caracterización y evaluación vía experimental, las especificaciones del banco hidráulico a diseñar se realizaron partiendo del estudio de bancos de pruebas existentes, estos estudios nos brindaron conocimientos tales como: los diferentes componentes necesarios para el diseño del banco, el tipo de material con el que se puede fabricar cada uno de estos componentes, especificaciones que deben tener los componentes que no se fabrican sino que son comerciales y la capacidad y tipos de ensamble que puede tener cada uno de ellos. Ya que la línea de investigación CADD nos brindó las especificaciones técnicas comerciales de la bomba autocebante encargada de impulsar el fluido del tanque a la turbina y el variador de velocidad con el cual se controlará el caudal que entregará la bomba, restaba definir los demás componentes, partiendo de lo anterior se estudió la turbina que entregaría la energía mecánica en forma de rotación al generador, se adquirieron conocimientos sobre los siguientes tipos de turbinas: Foumeyron, Heuschel-Jonval, Francis, Kaplan, radial o centrifuga, Girard, Michel o Banki, Turgo y Pelton; al fin los investigadores de la línea (CADD) eligieron una turbina Michel Banki, por todo lo mencionado anteriormente se especificaron los demás componentes acoplándonos a las medidas y especificaciones técnicas de cada uno de estos elementos. La potencia hidráulica y potencia eléctrica requerida por la bomba nos la brindo el fabricante de la misma. Para especificar el método de conducción del fluido desde la bomba a la turbina se exploró el mercado en busca del conducto apropiado para dicha tarea, el PVC se presentaba como una opción viable al igual que las mangueras resistentes a la alta presión como las mangueras de polietileno, caucho sintético y tubos de nitrilo. Sabiendo que la bomba tiene un caudal medio de 300 Gal/min se debe garantizar un volumen de mínimo 500 litros que estarían en circulación en un sistema retroalimentado esto garantizaría la presencia constante del fluido (figura 1.1).

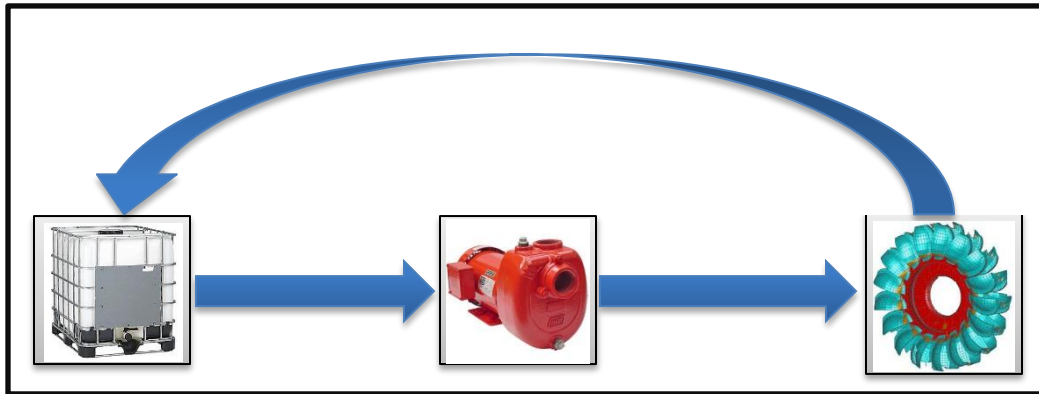


Figura 1.1. Flujo de agua

Para la especificación del parámetro de funcionamiento que se utilizaría como patrón de prueba se indagó acerca de los torquímetros pero dicho elemento es utilizado comúnmente como herramienta manual que se utiliza para ajustar el par de apriete de elementos roscados, en la obtención de información no se encontraron evidencias de que se usen como elementos de medición de torque en componentes que entregue energía mecánica en forma de rotación constante, se encontraron que puede emplearse solo para elementos que entreguen solo una revolución (360°) por ende se investigó acerca de los dinamómetros (figura 1.2), en la búsqueda del dinamómetro apropiado se encuentra con una gran variedad de los mismos, con la necesidad de medir la potencia en la turbina como energía mecánica en forma de giro constante se llega a un problema ya que en Colombia no existe este dispositivo disponible comercialmente y los que se encuentran en otros países son para potencias de 150hp en adelante o bancos de pruebas para vehículos de alta gama, dicho problema arroja a la investigación de otro elemento para la medición de la potencia entregada.



Figura 1.2 dinamómetro para rotación constante

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Como posible instrumento de medición de la potencia de salida se encontró un instrumento el cual es llamado freno de prony: cuenta con un sistema dinamométrico, utilizado para medir el par de giro de los motores. Este freno provee una forma sencilla de aplicar un momento de giro de carga al eje principal de salida de un motor. La potencia de salida es disipada en forma de calor por el material del freno. Ajustando la fuerza del freno se puede cambiar la fuerza del momento torsor. Combinando la medición de este torque (mediante un dinamómetro colocado en el brazo del freno, a una distancia conocida del eje del motor) con la medición de velocidad de rotación del eje, puede calcularse la potencia de salida del motor (figura 1.3).

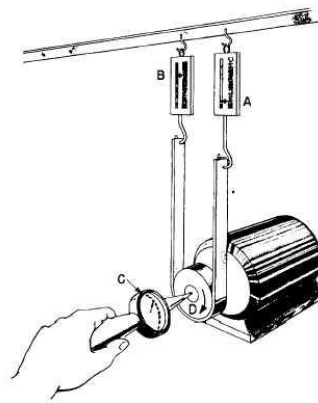


Figura 1.3. Freno de prony

Por último la estructura que soportara todo el ensamble tendría la capacidad de resistir el peso de todos los componentes a utilizar y ser resistente a la corrosión ya que puede estar en contacto directo con el agua que se utilizara para realizar el trabajo y hacer girar el rotor o turbina hidráulica.

### **3.2 SELECCIÓN DEL CONCEPTO A PARTIR DE OPCIONES VIABLES.**

Inicialmente se realizó una investigación de los diferentes tipos de bancos de pruebas existentes, en la cual se encontró que varias instituciones como: la Universidad de los Andes, la Universidad Técnica Particular de Loja, y la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, poseen uno, en las cuales se usan varios tipos de ensamble y diseño como generar la energía eléctrica por medio de una bomba centrífuga en vez de una turbina, utilizar para mover el fluido diferentes potencias en el motor de la bomba, algunos tienen un ensamble muy compacto donde la estructura que soporta el ensamble completo es el mismo tanque que almacena el agua además tienen diferentes componentes de medición

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

y control para el fluido, los cuales son empleados para el desarrollo de pruebas de turbinas hidráulicas o de bombas centrífugas conectadas como turbinas, simulando parámetros similares a los encontrados en afluentes naturales. Después de dicha investigación se adquirieron los conocimientos necesarios para analizar detalladamente las ventajas y desventajas de los bancos de pruebas existentes tales como:

### **3.2.1 VENTAJAS BANCOS DE PRUEBAS EXISTENTES**

1. Buenos elementos de control y medición tanto para el fluido como para la energía eléctrica.
2. Ensamblajes compactos para la optimización de espacio y poco recorrido del fluido por lo que no se necesitaba mucho volumen de agua.
3. Uno de ellos goza con un sistema de control remoto y monitoreo por computador de las pruebas y resultados obtenidos.

### **3.2.2 DESVENTAJAS BANCOS DE PRUEBAS EXISTENTES**

1. Bombas en las cuales se reproducía un recurso hidráulico que no era capaz de generar la potencia hidráulica en la turbina suficiente para la toma de datos relevantes.
2. Bombas centrífugas trabajando por encima del valor del caudal máximo entregado por su fabricante generando al interior de la bomba el fenómeno de la cavitación deteriorando su eje y poniendo en riesgo su funcionamiento.
3. Costos de fabricación muy elevados.
4. Deterioro prematuro por ensamblajes desajustados y por lo general todos fueron modificados de su primera fabricación.

Tras encontrar suficiente información disponible se realizó una selección de conocimientos obtenidos acerca de los bancos hidráulicos existentes que conduciría a la toma de decisiones finales sobre todo lo discutido acerca de la realización del diseño del banco de pruebas, al momento de diseñar el banco aparecen diferentes obstáculos, uno de los más importantes fue el relacionado con el costo: inicialmente se planteó un diseño integral donde se entregaba un tanque de acrílico con muy poca capacidad de almacenamiento (Figura 1.4), el cual tenía un costo de desarrollo de \$300.000, por lo cual se exploró el mercado en busca de una solución más viable; nos encontramos también con un banco comercial cuyo diseño está terminado el cual tiene un costo cercano a \$117'350.000.

Por todo lo mencionado se exploró la opción de incluir un tanque existente en el mercado, el cual tenía una relación de costo y tamaño más accesible que la del tanque diseñado inicialmente; la inclusión de dicho tanque presentó un reto en el diseño, debido a que, al no ser un componente fijo, modificó el diseño hecho con anterioridad obligando así a buscar

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una nueva ubicación a los demás componentes por lo que se exploró desarrollar también una estructura independiente para la turbina y el generador.

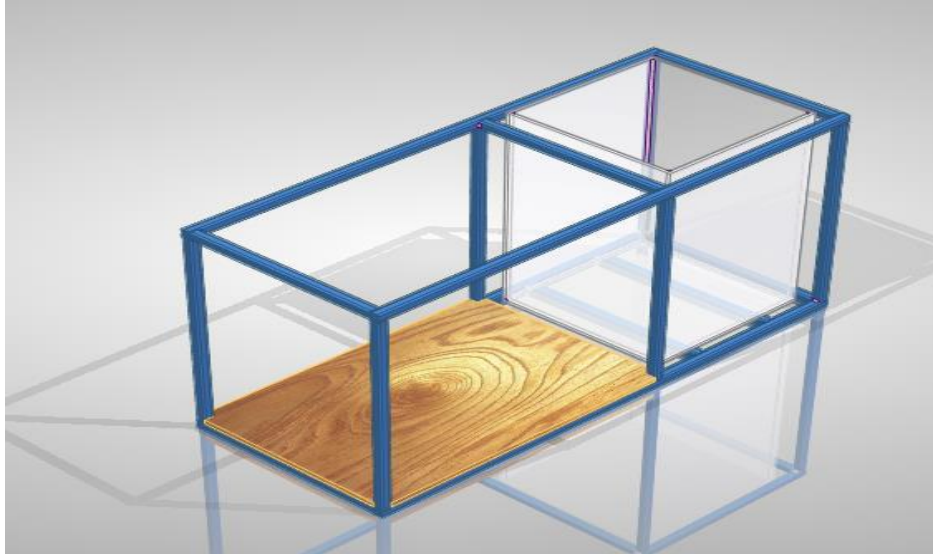


Figura 1.4. Diseño integral con tanque de acrílico

Otro problema fue la selección del material del conducto por donde pasará el fluido ya que no se tenía claridad del sitio en el cual se ubicaría el banco hidráulico, además del diseño de la estructura que fijará dicho conducto, teniendo en cuenta la presión entregada por la bomba. Se pensó en tubería de “PVC presión”, la cual habría que fijarla de alguna estructura sólida para que no se deforme ni se agriete dependiendo de la longitud, también se optó por manguera flexible por su resistencia y maniobrabilidad, además resultaría más versátil.

### **3.1 DISEÑO DEL DETALLE DEL BANCO HIDRÁULICO MEDIANTE HERRAMIENTA CAD.**

Se llevó a cabo un censo de software CAD existentes en la universidad y se eligió la mejor opción teniendo en cuenta que con anterioridad se había trabajado a lo largo del programa académico por tanto los conocimientos y capacidad de manejo eran mayores, después se realizó una comparación de bocetos tanto a mano alzada como diseño CAD y teniendo como criterio de selección los costos, dimensiones de los componentes ya adquiridos y calidad final se tomó la decisión del diseño detallado en cuestión.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### **3.2 ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE DESARROLLO DEL BANCO HIDRÁULICO.**

Basado en el diseño detallado y en el conocimiento de la cantidad de material y demás componentes necesarios, se buscó en el mercado qué empresas son especializadas en la venta de los suministros requeridos en el banco hidráulico y para la contratación de los procesos de manufactura necesarios, todo esto con el fin de dejar documentado todo lo referido a las adquisiciones, ensamble, montaje, pruebas y toma de datos.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 SELECCIÓN DE CONCEPTO.

Luego de dar superar todos los obstáculos presentes en el desarrollo del diseño, tales como la selección de partes y obtención de información de necesaria se realizaron una serie de bocetos basados en los conocimientos obtenidos y buscando el mejor acople para las partes seleccionadas lo que conduciría a la toma de decisiones finales sobre todo lo discutido acerca de la realización del diseño del banco de pruebas.

Lo que mayor influencia tuvo en el diseño fue la gran diferencia de costos de las partes del banco a diseñar y los bancos existentes en el mercado.

### 4.2 DISEÑO DE CONCEPTO.

La investigación de los diferentes tipos de bancos de pruebas existentes nos entregó los conocimientos necesarios para saber las ventajas y desventajas de dichos bancos, una de las desventajas más relevantes encontradas ya que todos tenían un buen diseño era su costo de fabricación y sus grandes dimensiones; en cuanto a las ventajas las utilizaríamos para detallar en el diseño los componentes físicos y resistencia de los mismos. Como resultado a la discusión de que tanque se emplearía para el diseño se optó por incluir un tanque de almacenamiento IBC de 1000 litros (Figura 4.1) ya que tiene la capacidad necesaria, todo esto a razón de que el tanque de acrílico anteriormente diseñado no cumplía con la capacidad requerida por el sistema, ya que la bomba seleccionada requiere un tanque con un volumen mayor, lo anterior conllevó al desarrollo de un diseño similar al de la Universidad de los Andes el cual utiliza una bomba en lugar de una turbina (Figura 4.2)

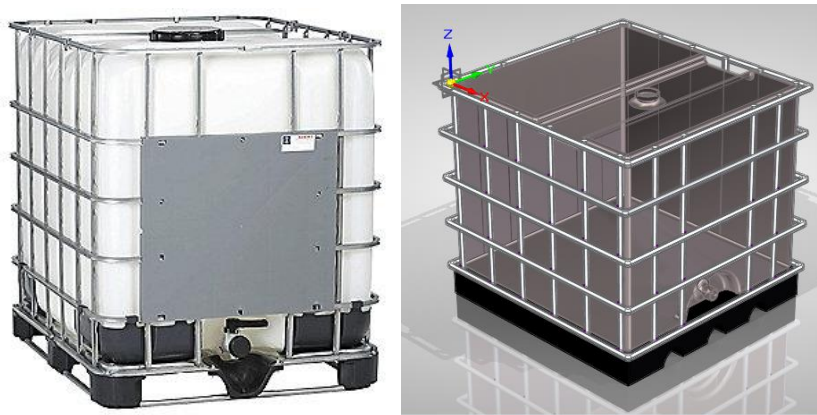


Figura 4.1. Tanque IBC.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 4.2. Banco de pruebas de bomba centrífuga como generadora Universidad de los Andes.

La bomba seleccionada es una bomba autosebante la cual es de hierro Gris con conexiones de succión y descarga de 3" NPT tiene un Rotor tipo semiabierto con paso de sólidos hasta 20 mm con una obturación por sello mecánico de carbón – cerámica de 1.1/4 de tipo resorte largo al igual que un casquillo en Acero Inoxidable además cuenta con una coladera plástica de succión y motor trifásico de 7,5 Hp a 220/440 Voltios a 3500 Rpm que se controlara mediante un variador yaskawa V1000 figuras (4.3 y 4.4)



Figura 4.3. Bomba autosebante de 7.5 HP

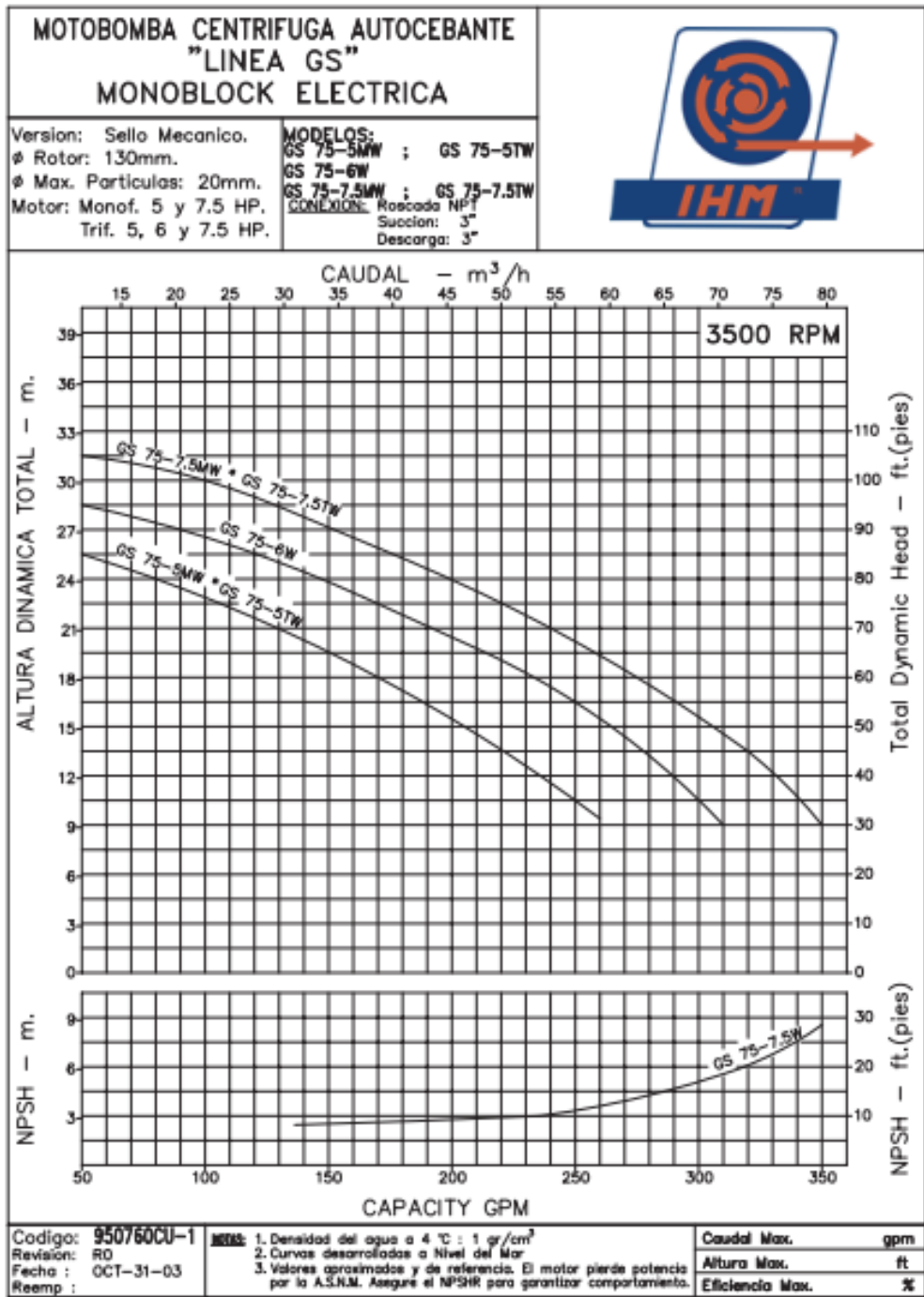


Figura 4.4. Curva y ficha técnica de bomba autocebante de 7.5 HP

Se escogió también como material indicado para la estructura el acero inoxidable por su alta resistencia a la corrosión (Inox, 2011), esto con el fin de evitar que la estructura se deteriore prematuramente puesto que el banco de pruebas estará siempre en contacto con agua. Para la selección de los conductos por donde se transportara el fluido se discutió

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

acerca de la elección del tipo de material de los mismos ya que existía la posibilidad tanto del pvc presión y/o las mangueras de polietileno de alta densidad teniendo como condicionante la presión entregada por la bomba y la distancia de los recorridos, como conclusión se seleccionaron mangueras de polietileno de 3 pulgadas para la succión, descarga y conducción de agua, debido a que no requiere un anclaje por su flexibilidad y es de fácil maniobrabilidad por si el espacio donde se va a instalar el banco presenta obstrucciones o desniveles que puedan afectar la fácil conexión de un punto a otro , también por su resistencia a altas presiones y su facilidad para la realización de mantenimiento y reemplazo.(Construcción, 2004)

Inicialmente se había optado por la inclusión de una turbina pelton, pero debido a la complicación de acople se decidió cambiar por una turbina de flujo transversal o también conocida como Michell-Banki (Figura 4.5) la cual es una máquina utilizada principalmente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. La selección de la misma está relacionada con su sencillo diseño y su fácil construcción lo que la hace atractiva en el balance económico de un aprovechamiento a pequeña escala. No obstante esto no impide que la turbina se utilice en grandes instalaciones. Aunque la turbina de flujo transversal se conoce como una máquina de pequeña escala, existen actualmente máquinas de este tipo de hasta 6 MW.(Prácticas-ITDG, n.d.)

Las principales características de esta máquina son las siguientes:

- La velocidad de giro puede ser seleccionada en un amplio rango.
- El diámetro de la turbina no depende necesariamente del caudal.
- Se alcanza un aceptable nivel de rendimiento con pequeñas turbinas.
- Se puede regular el caudal y la potencia por medio de un álabe ajustable.

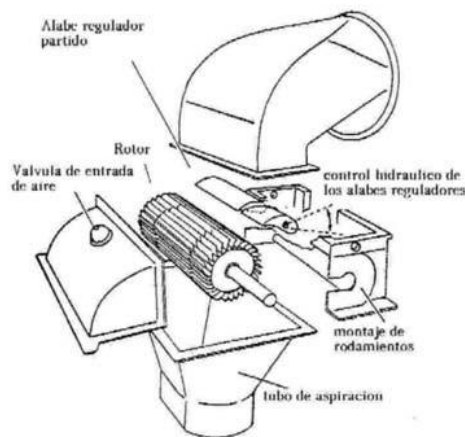
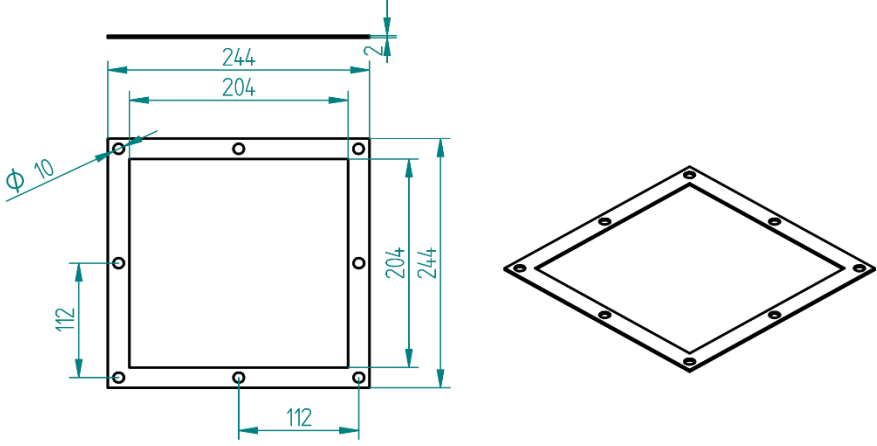


Figura 4.5. Turbina Michell-Banki.

Luego de varias opciones viables se elaboraron los planos con los diseños más convenientes en cuanto a resistencia y precio que se muestran a continuación:

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

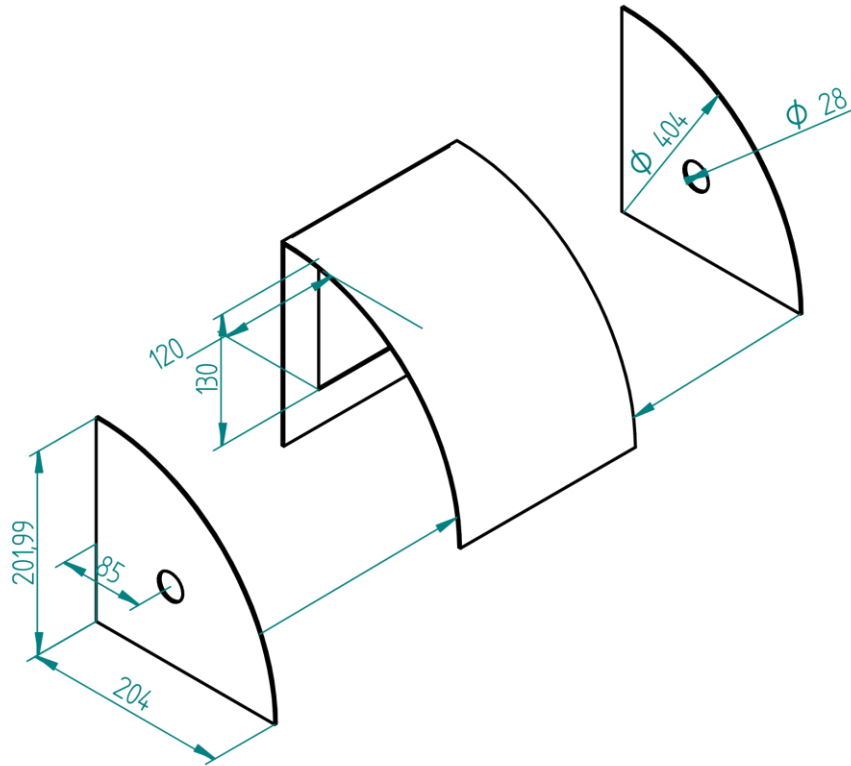
  



Brida para transición fabricada en platina de 2mm

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	JONA	28/07/16	Siemens PLM Software	
Comprobado			Título	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros, ángulos en grados, tolerancias ±0,5 y ±1°			A4	Plano
			Rev	
			Archivo: <a href="#">Brida Transicion salida.dft</a>	
		Escala	Peso	Hoja 1 de 1

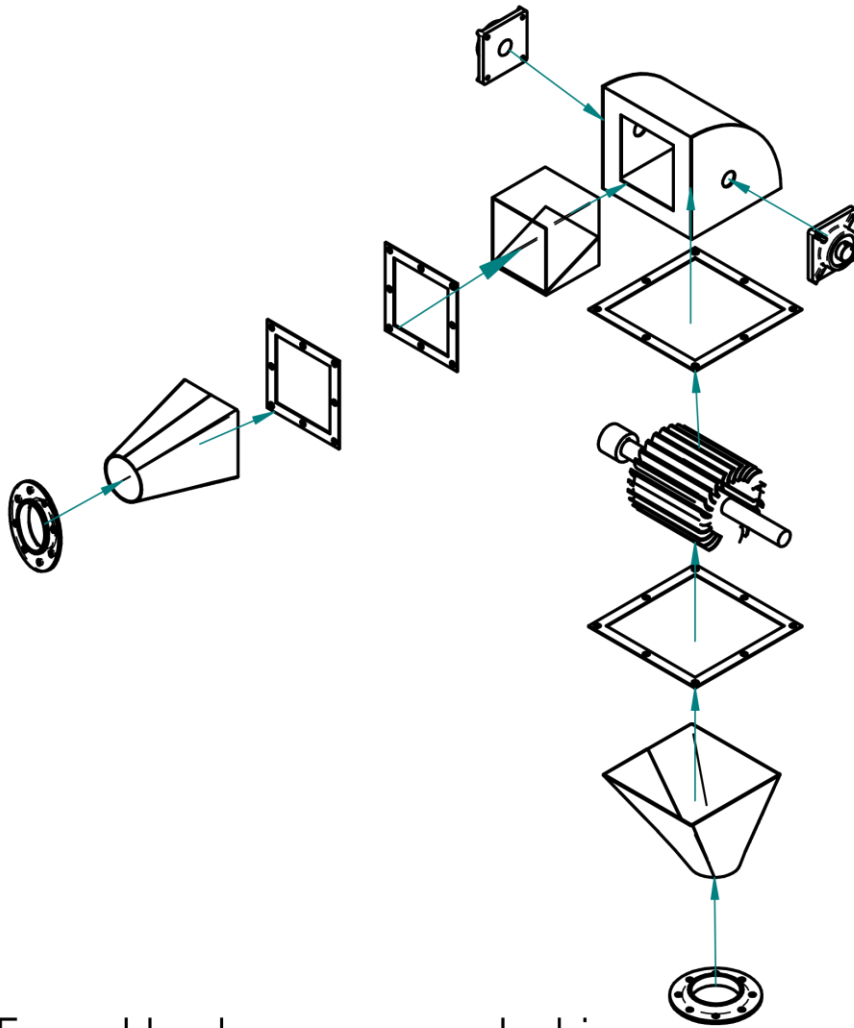
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Carcaza para la turbina realizada en lamina de acero de 2mm

Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado: JONA	28/07/16	Título: Proyecto banco de pruebas de turbinas hidraulicas	
Comprobado		A4	Plano
Aprobado 1		Rev	
Aprobado 2		Archivo: Carcaza superior.dft	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		Escala: 1:5	Peso
SOLID EDGE ACADEMIC COPY		Hoja 1 de 1 21	

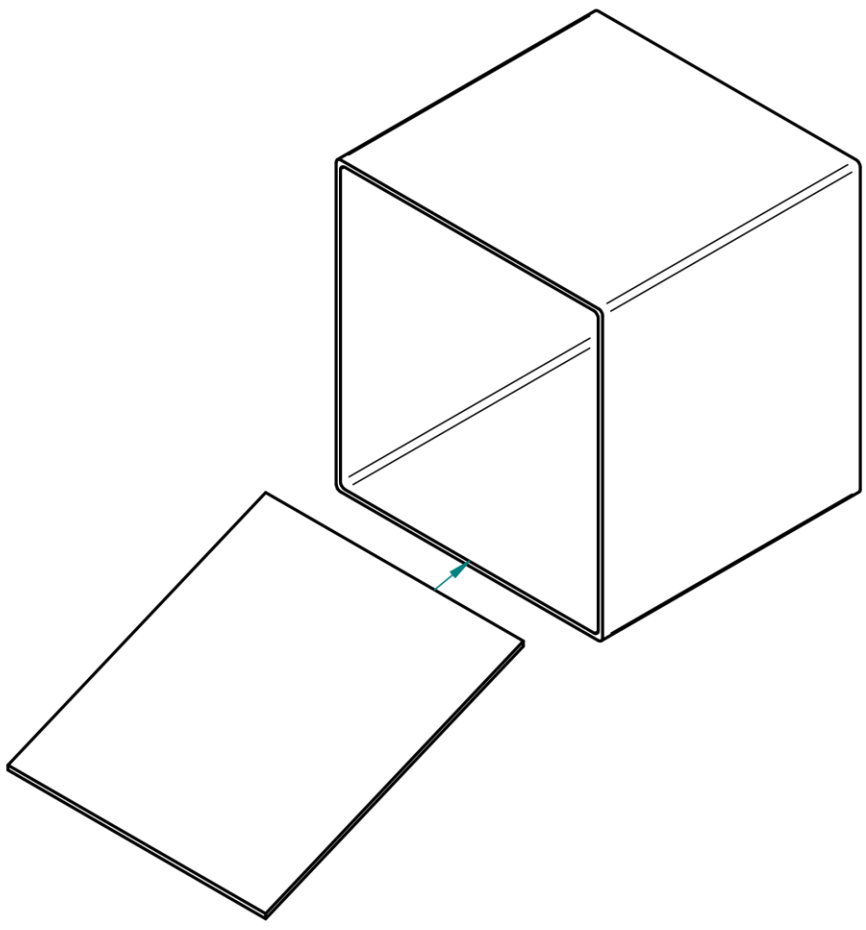
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Ensamble de carcasa y turbina

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	JONA	31/07/16	Siemens PLM Software	
Comprobado			Título Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidráulicas	
Aprobado 1			A4 Plano	
Aprobado 2			Rev	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Archivo: Ensamble carcasa y turbina.dft	
Escala 1:10		Peso	Hoja 1 de 1 22	

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



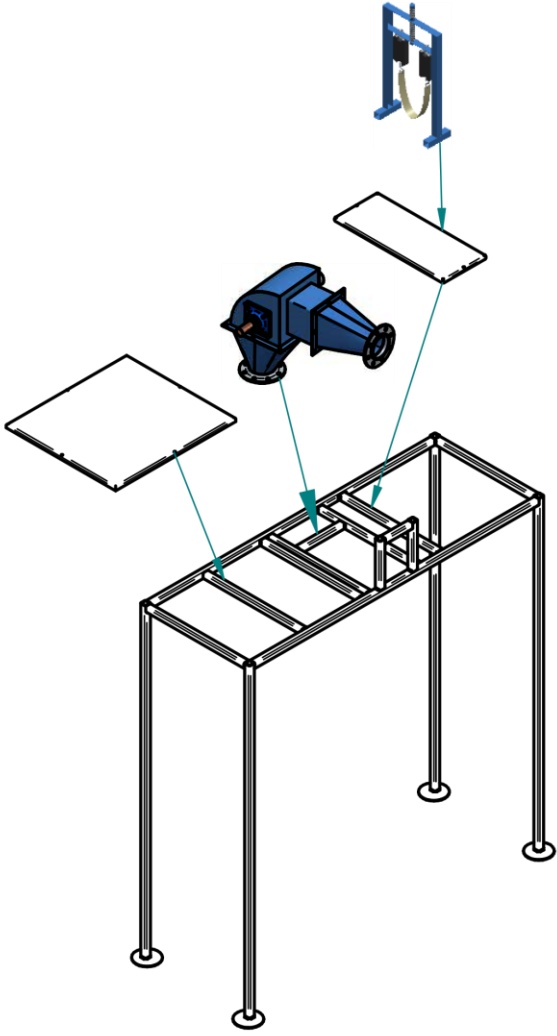
Ensamble de entrada y guia de agua.

Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software
Dibujado: JONA	31/07/16	
Comprobado		Titulo Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidraulicas
Aprobado 1		
Aprobado 2		A4 Plano <span style="float: right;">Rev</span>
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		Archivo: Ensamble de entrada y guia de agua.dft
		Escala 1:2 <span style="margin-left: 20px;">Peso</span> <span style="float: right;">Hoja 1 de 1</span>

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



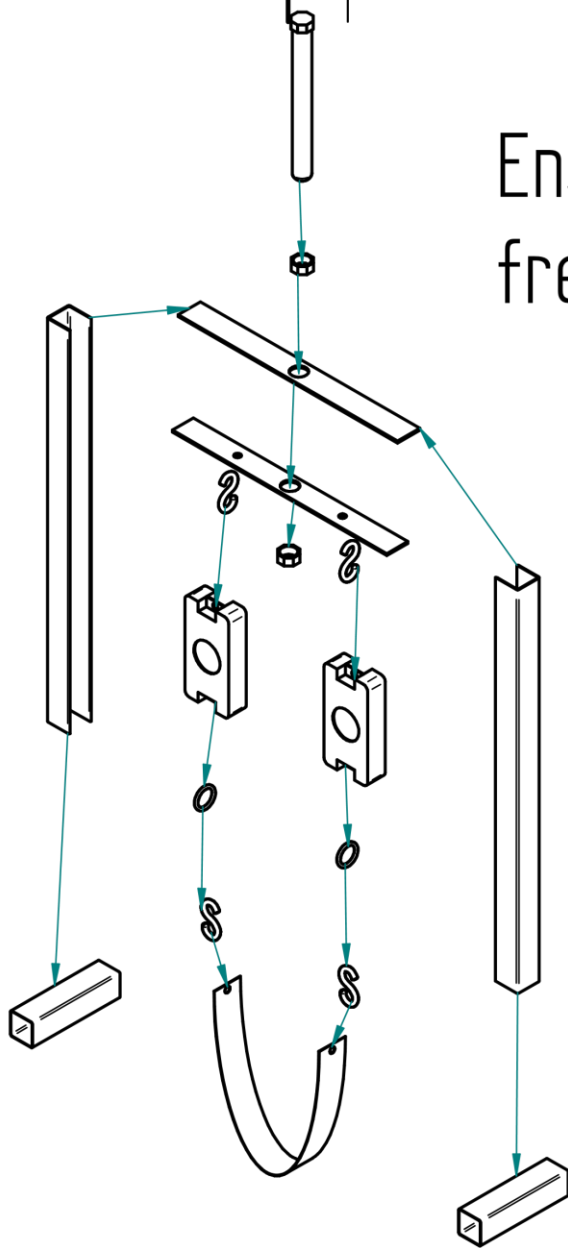
Ensamble estructura, turbina y freno prony

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	JONA	31/07/16	Título	
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A4	Plano
SOLID EDGE ACADEMY COPY			Archivo: <a href="#">Ensamble estructura general.dft</a>	
			Escala	Peso

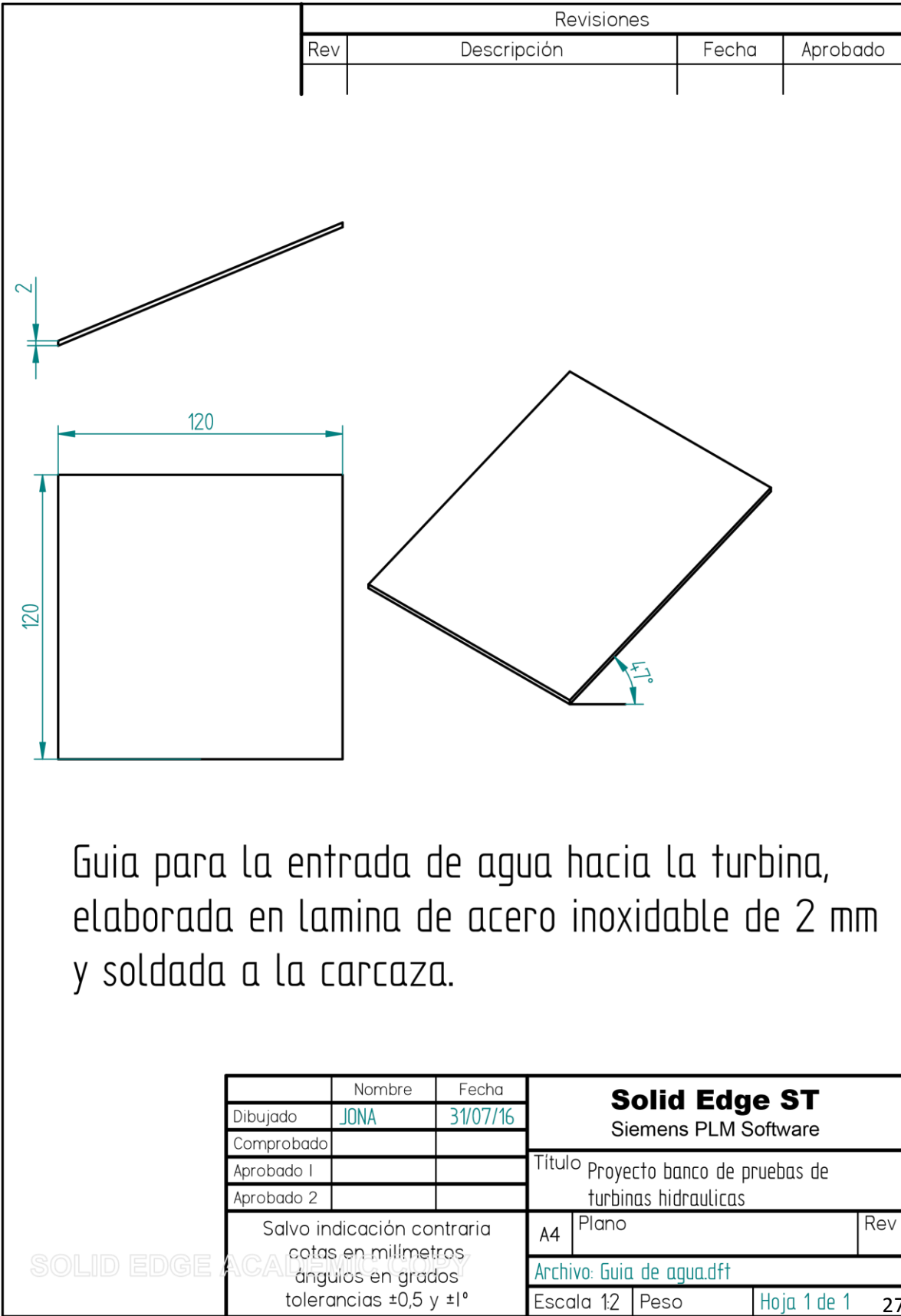
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

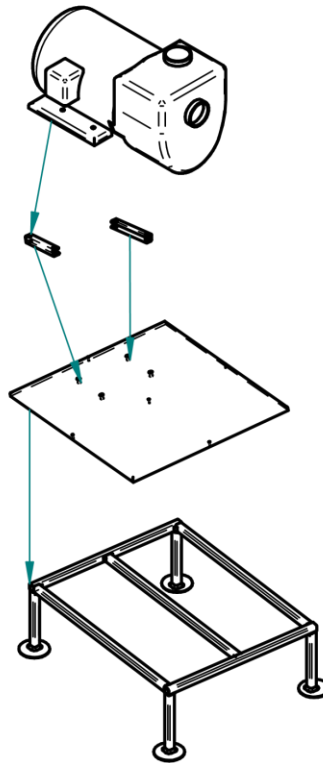
# Ensamble de freno prony



	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	JONA	31/07/16	Siemens PLM Software	
Comprobado			Título Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidraulicas	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A4	Plano
SOLID EDGE ACADEMY			Archivo: Ensamble freno prony.dft	
			Escala 15	Peso
			Hoja 1 de 1 26	



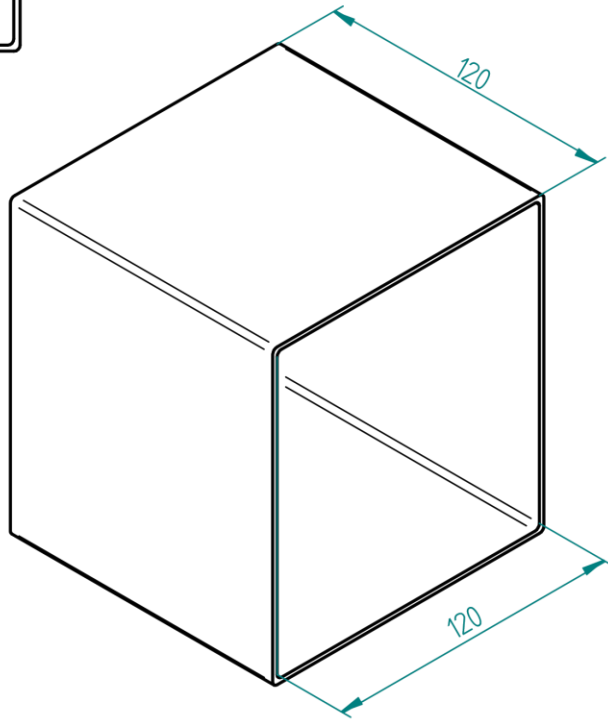
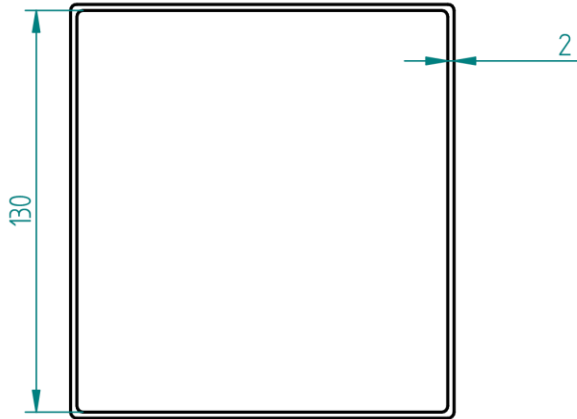
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



## Ensamble bomba y mesa

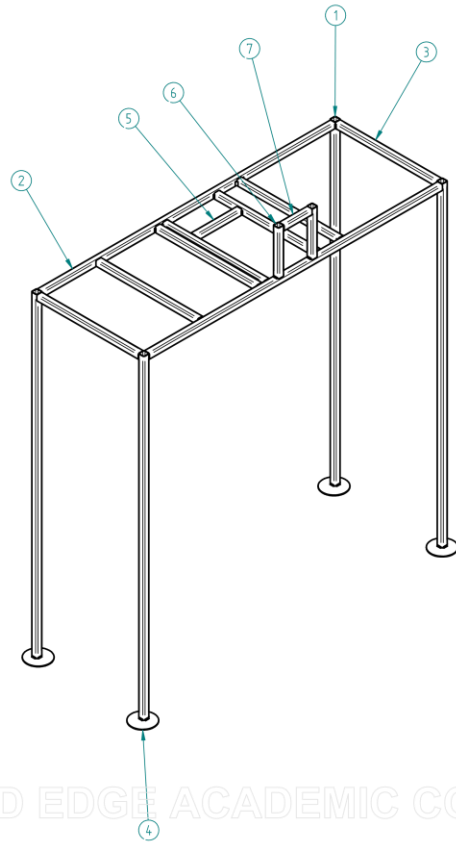
	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>		
Dibujado	JONA	31/07/16	Siemens PLM Software		
Comprobado			Título Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidráulicas		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A4	Plano	Rev
			Archivo: Mesa Bomba.dft		
			Escala 1:20	Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado



Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software
Dibujado: JONA	31/07/16	
Comprobado		
Aprobado 1		
Aprobado 2		
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$		Título: Proyecto Banco de pruebas de turbinas Hidraulicas A4 Plano Rev Archivo: Plano entrada 2.dft Escala 1:2 Peso Hoja 1 de 1 29

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

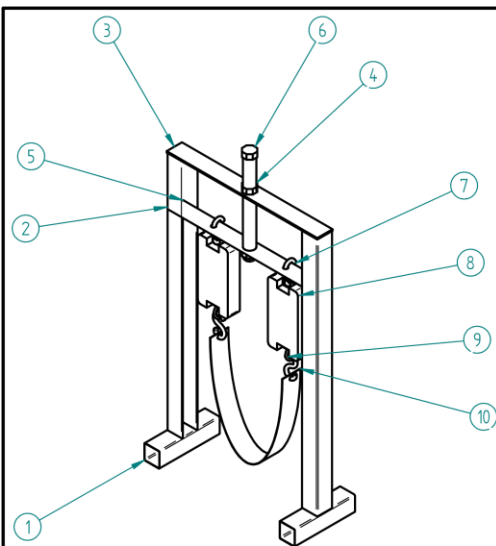


SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Autor	Cantidad
1	Tubo cuadrado de 25x25 de 1400mm	Jonathan Rivera Piza	4
2	Tubo cuadrado de 25x25 de 1300mm	Jonathan Rivera Piza	2
3	Tubo cuadrado de 25x25 de 450mm	Jonathan Rivera Piza	7
4	base anclaje	Jonathan Rivera Piza	4
5	Tubo cuadrado de 25x25 de 204mm	Jonathan Rivera Piza	1
6	Tubo cuadrado de 25x25 de 195mm	Jonathan Rivera Piza	2
7	Tubo cuadrado de 25x25 de 124mm	Jonathan Rivera Piza	1

Nombre	Fecha	Solid Edge ST Siemens PLM Software	
Dibujado: JONA	27/07/16		
Comprobado			
Aprobado 1		Título Proyecto banco de pruebas de turbinas hidráulicas	
Aprobado 2		A3	Plano
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°		Archivo: Plano estructura.dft	
		Escala 1:10	Peso
		Hoja 1 de 1	



Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

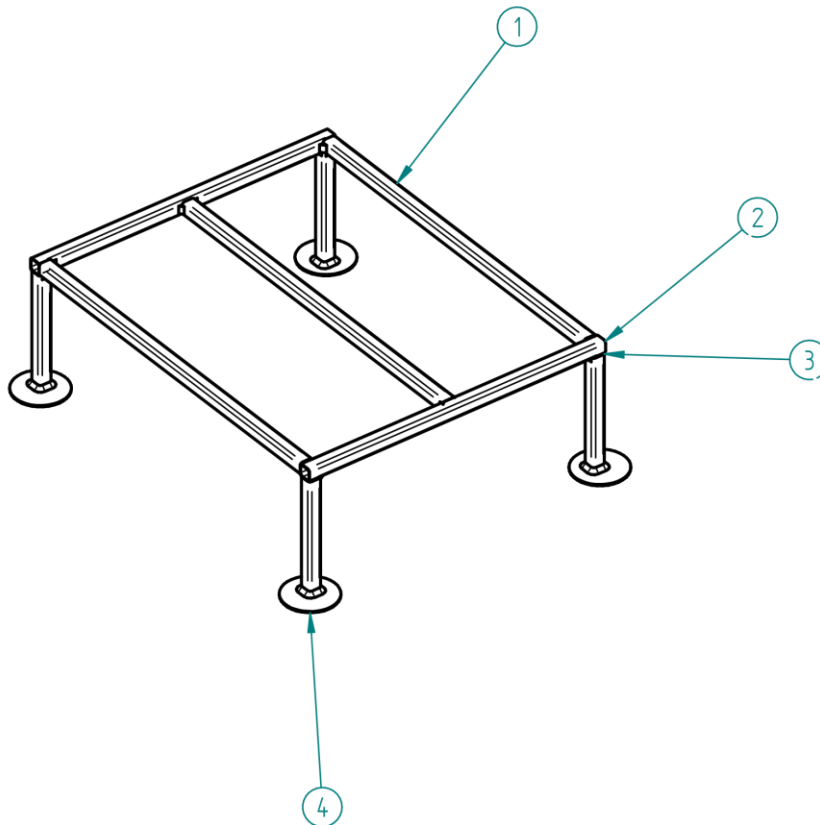
Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Autor	Cantidad
1	Tubo cuadrado de 25x25 de 100mm	Yair	2
2	Tubo cuadrado de 25x25 de 400mm	Yair	2
3	Lamina fija superior	Yair	1
4	Tuerca de 16mm	Yair	2
5	Lamina movil	Yair	1
6	Tornillo de 16mm	Yair	1
7	Gancho de hierro	Yair	4
8	Dinamometro	Yair	2
9	Anillo de hierro	Yair	2
10	Correa resistente al calor	Yair	1

Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	JONA	31/07/16	Titulo Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidraulicas
Comprobado			
Aprobado 1			
Aprobado 2			
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A4 Plano Rev
			Archivo: Plano Freno prony.dft
Escala 1:5		Peso	Hoja 1 de 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

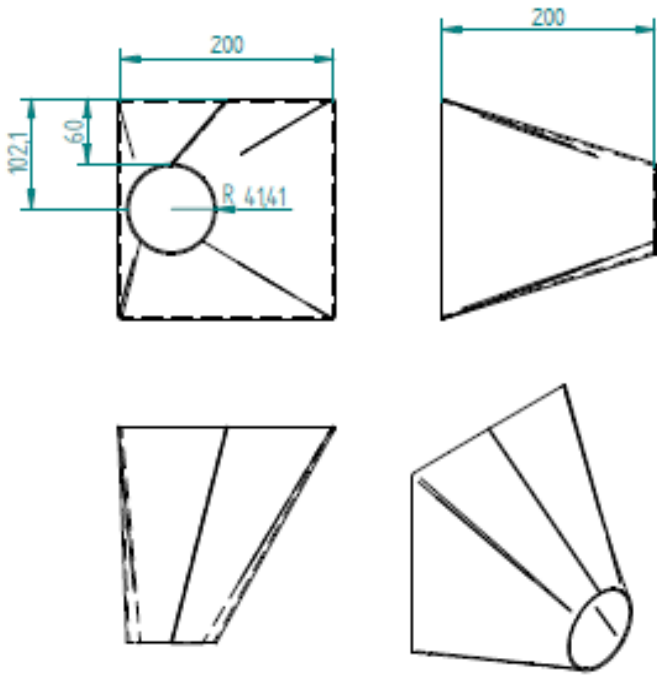
Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

Número de elemento	Nombre archivo (sin extensión)	Autor	Cantidad
1	Tubo cuadrado de 25x25 de 700mm	Jonathan	3
2	Tubo Cuadrado de 25x25 de 600mm	Jonathan	2
3	Tubo Cuadrado de 25x25 de 225mm	Jonathan	4
4	base anclaje	Jonathan	4

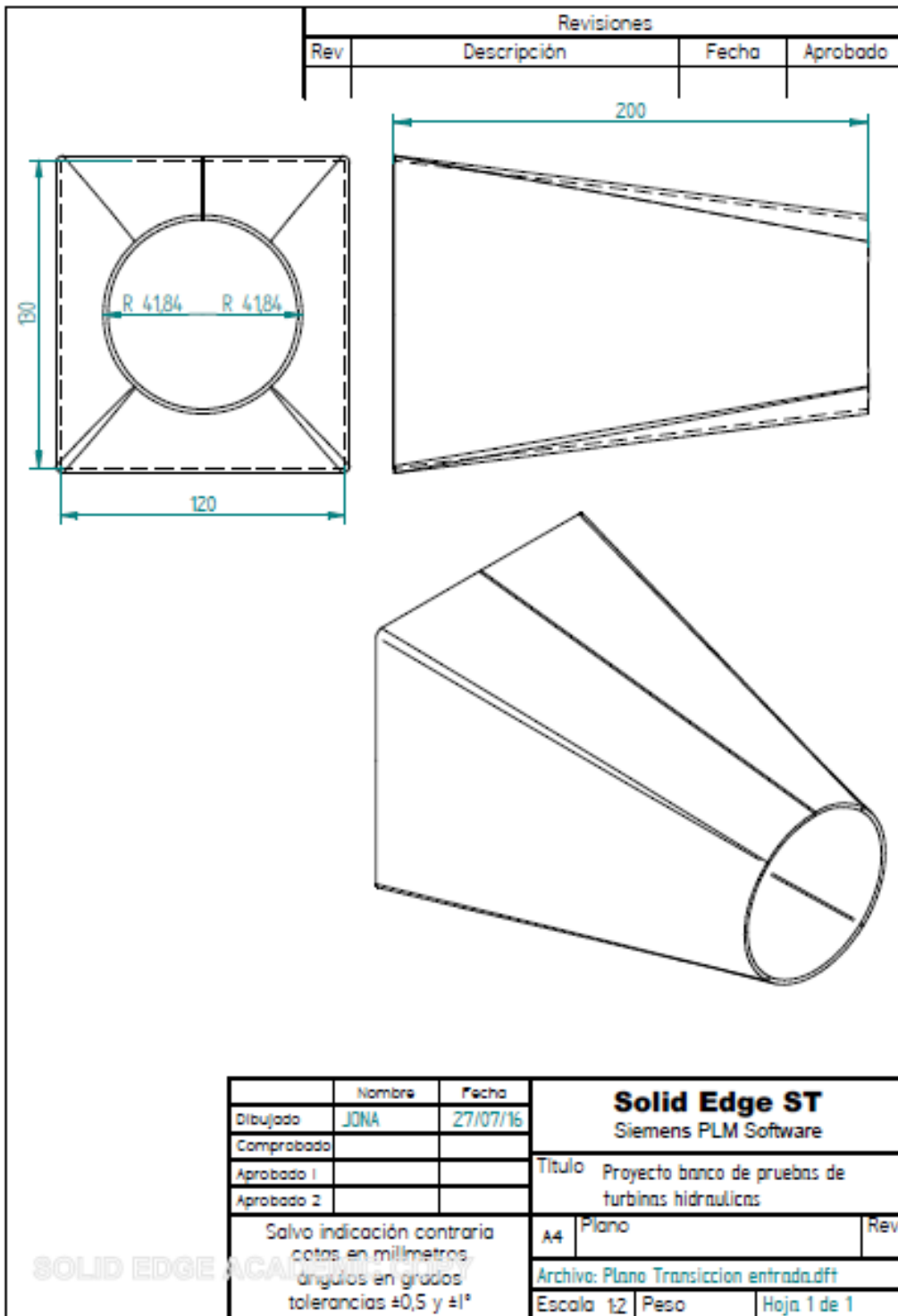


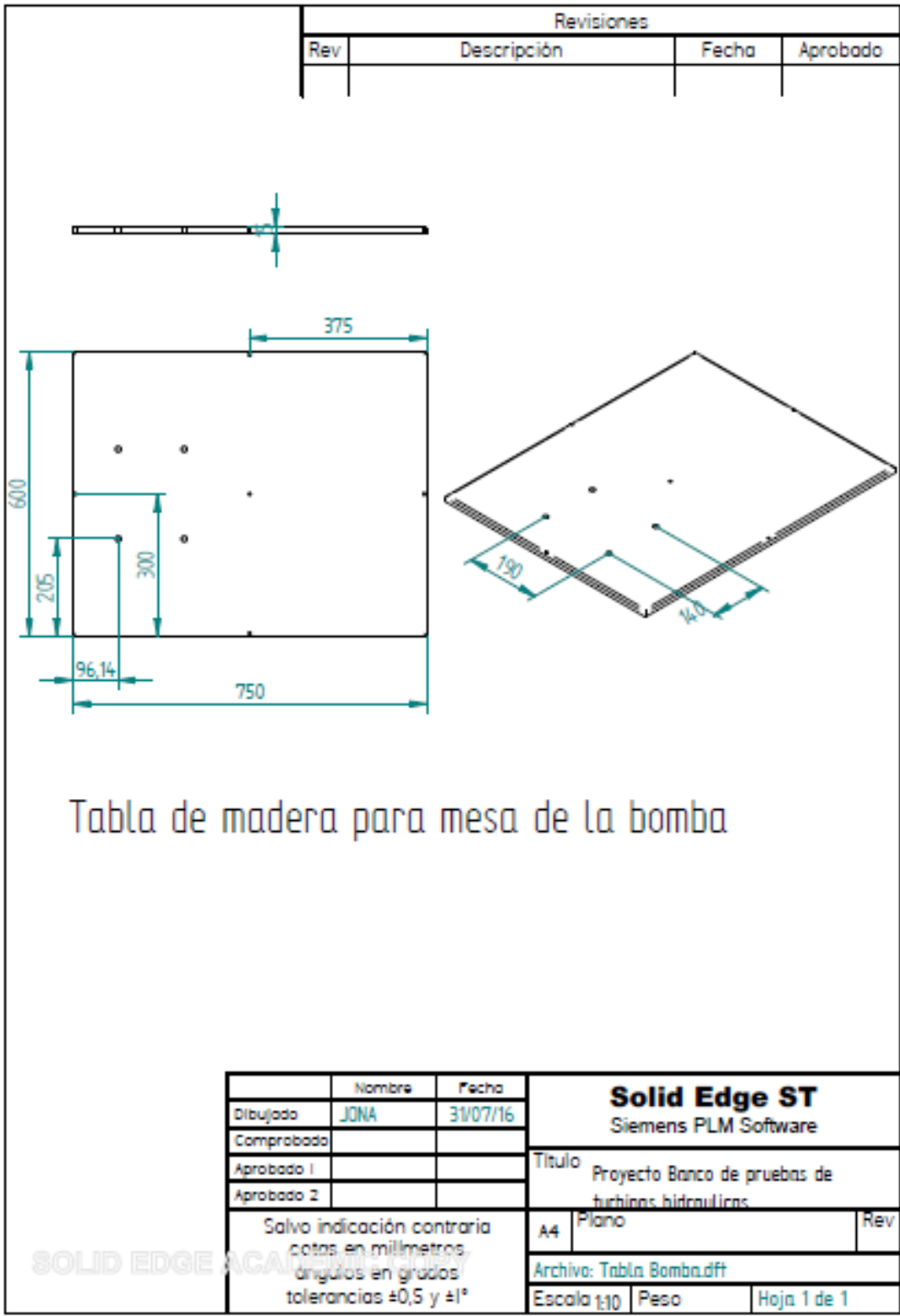
	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software		
Dibujado	JONA	31/07/16			
Comprobado			Título Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidráulicas		
Aprobado 1					
Aprobado 2			A4	Plano	Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Archivo: Plano Mesa Bomba.dft		
			Escala 1:10	Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	JONA	28/07/16	Título Proyecto banco de pruebas de turbinas hidráulicas	
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2			A4	Plano
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Rev	
			Archivo: Plano Transición cuadrado a círculo.solid	
		Escala	Peso	Hoja 1 de 1





Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

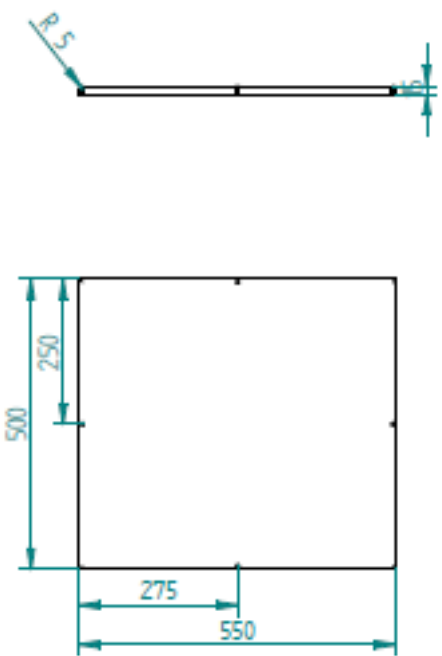
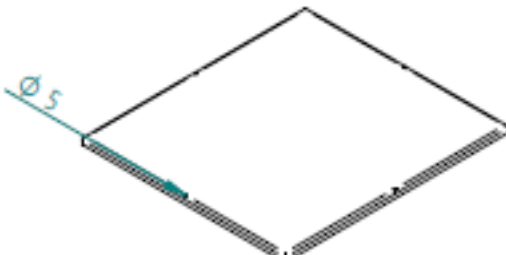



Tabla de madera para el generador

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	JONA	31/07/16	Título Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidráulicas Plano	
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A4	Rev
			Archivo: Tabla_Generador.dft	
		Escala 1:10	Peso	Hoja 1 de 1

Revisiones			
Rev	Descripción	Fecha	Aprobado

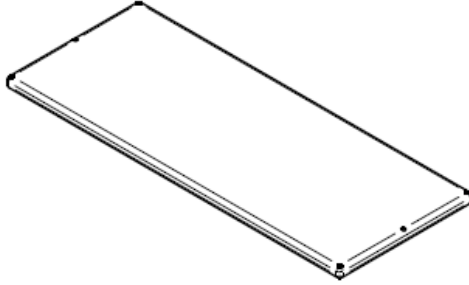
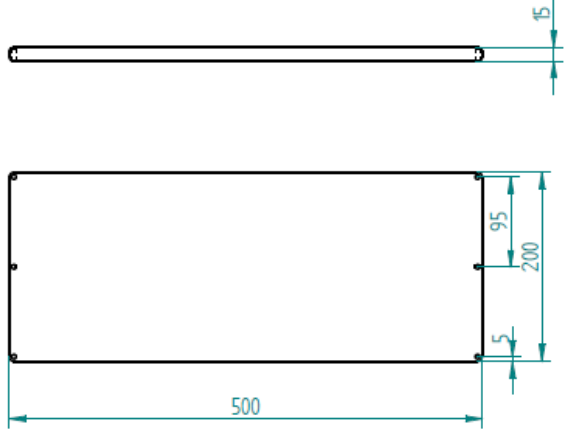



Tabla de soporte para freno prony

	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software		
Dibujado	JONA	31/07/16	Titulo Proyecto Banco de pruebas de turbinas hidráulicas		
Comprobado					
Aprobado 1					
Aprobado 2			A4	Plano	Rev
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Archivo: <u>tabla prony.dft</u>		
			Escala 1:5	Peso	Hoja 1 de 1

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

Este apartado es el corazón del manuscrito, donde la mayoría de los lectores irán después de leer el resumen. Se recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las conclusiones deberán ser escritas en tiempo presente.
- La primera conclusión (o conclusión general) deberá responder al objetivo general planteado, las observaciones se plantean en torno a este y son soportadas por los resultados. Se deben también incluir entre otras las fortalezas, limitaciones y restricciones.
- Las conclusiones complementarias deberán enfocarse solo hacia la solución de los objetivos específicos, lo que hace que el número de conclusiones sea igual al número de objetivos específicos planteados.
- En las recomendaciones se describen aquellos puntos que pudieran mejorar el trabajo y que no fueron tenidos en cuenta durante la realización o que fueron descubiertos en el desarrollo de la misma.
- En el trabajo futuro se esclarece la proyección del trabajo realizado, en el sentido de otras aplicaciones, mayores desarrollos, otras consideraciones, etc. Es dejar en evidencia otras oportunidades en el área estudiada.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

Esta sección no debe ir numerada. La lista de referencias bibliográficas debe presentarse siguiendo las normas APA. Toda referencia consignada en esta lista debe estar citada en el texto del manuscrito.

El sistema de citación APA se encuentra habilitado en el M.S Word 2007 como herramienta de referencias. Para facilidad de los autores, se transcriben ejemplos de citación bibliográfica:

- Citación en el texto del artículo de un autor cuyo trabajo no se transcribe textualmente: La norma NTC 2849 establece un procedimiento de ensayo que implica la saturación de la muestra en un proceso de laboratorio que toma un tiempo total de 12h  $\pm$  1/4h, en el cual la baldosa se somete a una cocción inicial por el transcurso de una hora, se conserva en el agua, hasta su enfriamiento, por 11h adicionales (ICONTEC, 1997, pág. 10).
- Citación en el texto del artículo, del cual no solo se menciona el autor, sino que se transcribe textualmente parte de su texto. Según Candiotti, con este movimiento queda consolidada la epistemología como el saber que organiza y legitima el conocimiento, garantizando su validez. Tal posición de privilegio convertía a la epistemología “en la palabra definitiva; vigila la objetividad del conocimiento y certifica la ‘corrección’ de las inferencias que permiten la aplicación de la teoría al orden de la acción” (Candiotti, 2006, pág. 4).
- Citación en el texto del artículo cuando la referencia tiene dos autores. Se puede usar la predicción de series de tiempo caóticas como función de costo para construir el modelo no lineal de la base de datos como se propone en (Babovic & Sannasiraj, 2002).
- Citación en el texto del artículo cuando la referencia tiene más de dos autores. Babovic et al presentan un método basado en algoritmos evolutivos para encontrar los parámetros de embebimiento óptimos (Babovic et al, 2001).

Las entradas en las referencias del informe final de trabajo de grado (citaciones bibliográficas utilizadas en el texto), se relacionan en orden alfabético, y no de aparición, de la siguiente forma:

- Caso de norma:

ICONTEC (1997). Baldosas con superficie de grano -Terrazo- (Vol. NTC 2849). Bogotá: ICONTEC.

- Caso de libro:

Montgomery, D. C., & Peck, E. (1992). Introduction to linear regression analysis. New York: John Wiley and Sons.

- Caso de artículo de revista:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Hunt, B. R., Kostelich, E. J., & Szunyogh, I. (2007). Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman filter. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 230(1-2), 112–126.

- Caso de artículo en memoria de eventos:

Castellanos, C. G., Delgado, E., Daza, G., Sánchez, L. G., & Suárez, J. F. (2006). Feature selection in pathology detection using hybrid multidimensional analysis. En *Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 5503–5506.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## APÉNDICE

---

Los apéndices deben ser nombrados con letras para diferenciarse unos de otros (p. ej: Apéndice A, Apéndice B, etc.). Estos hacen extensiva la información del contenido del trabajo realizado tales como cálculos matemáticos extensos, códigos de programación, etc. El contenido de los apéndices debe permitir a alguien externo al desarrollo del trabajo, llegar a los mismos resultados siguiendo la misma metodología complementada con la información que en este aparte reposa.

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_      ACEPTADO\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_