

Provincia: Neuquén

Turbina de flujo laminar tipo Telsa

Nivel: Ed. Secundaria

Área: ETP/B 4

Modalidad: Educación Técnico
Profesional

TECNICAMENTE

Turbina de flujo laminar

Tipo Tesla

CARPETA DE INFORME

ALUMNOS/AS:

| | |
|------------------------|-----------------|
| ARRIETA Gustavo Damián | DNI: 41.644.998 |
| TOROSIAN Julián | DNI: 41.751.057 |
| ALFONSO Clara | DNI: 41.124.136 |
| GÜENTIAN Malena | DNI: 41.347.348 |
| VIELMA Cintia | DNI: 41.741.044 |
| CARO Jorge | DNI: 41.193.874 |

DOCENTES:

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| SPONTON, Alejandro Darío | DNI: 32.567.801 |
| GARCES OLSEN, Enrique Alejandro | DNI: 26.510.866 |
| BOSSINI, Alejandro Marcial | DNI: 25.182.513 |

ESCUELA PROVINCIAL DE EDUCACION TÉCNICA N°4

Gregorio Álvarez y Perito Moreno – Junín de los Andes – Neuquén

E-mail: epetjandes@yahoo.com

Teléfono: 2972-491556

INDICE:

| | Página |
|-----------------------------------|--------|
| <u>RESUMEN:</u> | 3 |
| <u>ETAPA INICIAL:</u> | |
| • Introducción | 5 |
| -Situación problemática | 5 |
| -Propuesta de solución | 6 |
| • Metodología | 7 |
| • Organigrama metodológico | 8 |
| <u>ETAPA DE INFORMACIÓN:</u> | |
| • Marco teórico | 9 |
| <u>ETAPA DE DESARROLLO</u> | |
| • Diseño preliminar del prototipo | 19 |
| • Construcción del prototipo | 20 |
| • Plan de actividades | 25 |
| <u>ETAPA FINAL</u> | |
| • Ensayo del equipo | 26 |
| • Conclusiones | 34 |
| • Bibliografía consultada | 35 |
| • Agradecimientos | 36 |
| • Anexo | 37 |

RESUMEN

Origen:

Este trabajo se desarrolló a partir de un programa institucional que busca relacionar los contenidos curriculares del ciclo superior de la especialidad electromecánica con problemáticas de orden local y regional.

En este caso se planteó como problema la falta de energía eléctrica en las viviendas de aquellos habitantes del área rural del departamento Huiliches alejados de las redes de distribución.

Objetivo:

La finalidad es diseñar, construir y ensayar una turbina de flujo laminar, denominada también como turbina Tesla, que funcione mediante el aprovechamiento de la energía de un salto de agua.

Además, el trabajo no solo podría dar una respuesta posible y efectiva a los pobladores, sino que nos permitirá profundizar los contenidos teóricos y prácticos, fortaleciendo al mismo tiempo nuestro compromiso con las actividades de la escuela y de ésta con la comunidad.

Introducción

La turbina Tesla es una turbina mixta; el fluido de trabajo entra tangencialmente a un paquete de discos, encontrando a su paso los álabes del rodete, en forma de gota ubicados en el borde del mismo. Estos álabes actúan como elemento de impulso y los discos como elementos de reacción.

Este conjunto (arandelas y discos) ejerce un efecto de impulso- arrastre, que es esencial para el arranque de la turbina. Después de esto el fluido de trabajo se mueve en espiral a través del espacio estrecho entre los discos hacia los orificios de salida, con tendencia a adherirse a la superficie de estos. Esta interacción de adhesión y movimiento del fluido de trabajo en espiral accionan al rotor en la dirección del flujo. El fluido de impulso produce un flujo laminar que permite la extracción del mayor porcentaje posible de energía cinética.

Tiempo:

A este proyecto se le dio inicio durante el ciclo lectivo 2016. Y se retomó el 12 de abril de 2017. Hasta ese momento contábamos con:

- Carcasa con tobera.
- Discos.
- Eje.
- Soportes con rodamientos.

Recursos materiales:

Los materiales fueron obtenidos por los alumnos y recursos existentes en la escuela, Reutilizando, en ocasiones, materiales reciclados.

ETAPA INICIAL:

- Introducción
 - Fundamentación
 - Situación problemática
- Sistema metodológico

ETAPA DE INFORMACIÓN:

- Recopilación de información
- Toma de datos de campo
- Selección de información importante

ETAPA DE DESARROLLO:

- Diseño preliminar del prototipo
- Construcción del prototipo

ETAPA FINAL:

- Conclusiones parciales
- Bibliografía
- Agradecimientos

Producto:

El producto obtenido sería una turbina de flujo laminar tipo Tesla, que funcionaría satisfactoriamente para los parámetros relevados, con un rendimiento aceptable.

ETAPA INICIAL

INTRODUCCIÓN:

Fundamentación:

Este trabajo se desarrolló a partir de un programa institucional que busca relacionar los contenidos curriculares del ciclo superior de la especialidad electromecánica.

Se pretende transferir una tecnología austera pero eficiente, que permita experimentar el funcionamiento de la turbina de flujo laminar, para una posible aplicación en problemáticas concretas de la comunidad a la que pertenece la escuela.

En este contexto la institución presenta un fuerte compromiso de vinculación con los problemas de la región y desarrolló de estas iniciativas para que desde la escuela se ofrezcan soluciones a la comunidad.

Es así que la institución toma contacto con estas problemáticas, por supuesto que tengan una posible solución desde lo tecnológico y los expone a los distintos docentes interesados en participar.

Situación problemática:

Gran parte los pobladores son rurales y pequeños productores ganaderos, son una economía de subsistencia por la venta de animales (ovinos, caprinos).

También producen y venden artesanías; cultivan pequeñas huertas que los sustentan.

Hay muchos pobladores cuyas viviendas están alejadas de las redes de distribución eléctrica y sus escasos recursos no les permiten adquirir equipos que les generen energía.

Debido al severo invierno de la zona los habitantes quedan aislados temporalmente del centro urbano e imposibilitado de trasladarse para poder abastecerse.

La falta de energía dificulta a los pobladores en lo siguiente:

- Almacenamiento de los alimentos perecedero en el verano.
- Disminución de horas laborales por poca luz diurna.
- Mayor probabilidad de accidente en viviendas debido al uso de artefactos de iluminación a combustible (lámparas a gas o kerosene).
- Dolencia y dificultad en la vista por el esfuerzo.
- Contaminación de aire de la vivienda por el consumo de productos químicos para la iluminación.
- Mayor probabilidad de contaminación ambiental por el uso de pilas y baterías electroquímicas y su inadecuado tratamiento posterior.

Propuesta de solución:

Diseñar, construir y ensayar un prototipo de turbina hidráulica de sencilla construcción, fácil mantenimiento, rendimiento aceptable y bajo costo, que funcione con un caudal que oscile entre los cinco y los diez litros por segundo y una altura neta de salto cercana a los veinte metros.

Profundizar el estudio de este tipo de turbinas sobre la base de proyectos desarrollados anteriormente.

Transferir tecnología con un criterio netamente ambientalista a los pobladores rurales que posiblemente utilicen dicha turbina. Con el fin de ayudarlos en la construcción de su autonomía y aportar al mejoramiento de su calidad de vida.

Metodología:

En este punto describimos los pasos metodológicos que se llevarán adelante para lograr nuestro objetivo.

El desarrollo de todo el proyecto consta de las siguientes etapas:

- **En la primera:** definir fundamentos, situación problemática y propuestas de mejoramiento, y avanzamos a la siguiente.
- **En la segunda etapa:** con la información recopilada, el equipo investigador comenzó con su estudio y realizó diferentes croquis en la carpeta de campo. Utilizando lo aprendido en la escuela, la bibliografía e internet.

Luego, se pusieron en discusión los diferentes modelos para evaluar las ventajas y desventajas de cada uno. Con sus respectivos rendimientos.

Con los datos de la etapa anterior, el análisis de los materiales y las maquinarias que se cuenta, se comenzó a trabajar en el diseño de cada uno de los componentes del equipo. Para esto se buscó sacarle el máximo provecho a los materiales que ya habían seleccionados para este proyecto, y se buscó reciclar la mayor cantidad de materiales a los efectos de reducir costos del equipo.

En el dimensionado se utilizó, tanto para el cálculo de los componentes de la máquina, como para la selección de los materiales, los recursos teóricos adquiridos y los datos obtenidos en bibliografía específica. Además se adoptaron los resultados de los cálculos de los materiales disponibles en la escuela.

- **En una tercera etapa:** se comenzó con la construcción concreta de un prototipo y para lograrlo se trabajó con máquinas-herramientas, utilizando los conocimientos de sistema de mecanizado y transformación de materiales.
- **En la cuarta etapa:** final, una vez finalizada la construcción del prototipo de la turbina se realizará el montaje y los ensayos correspondiente

ORGANIGRAMA METODOLÓGICO

Este método gráfico nos muestra cómo se avanza con el proceso

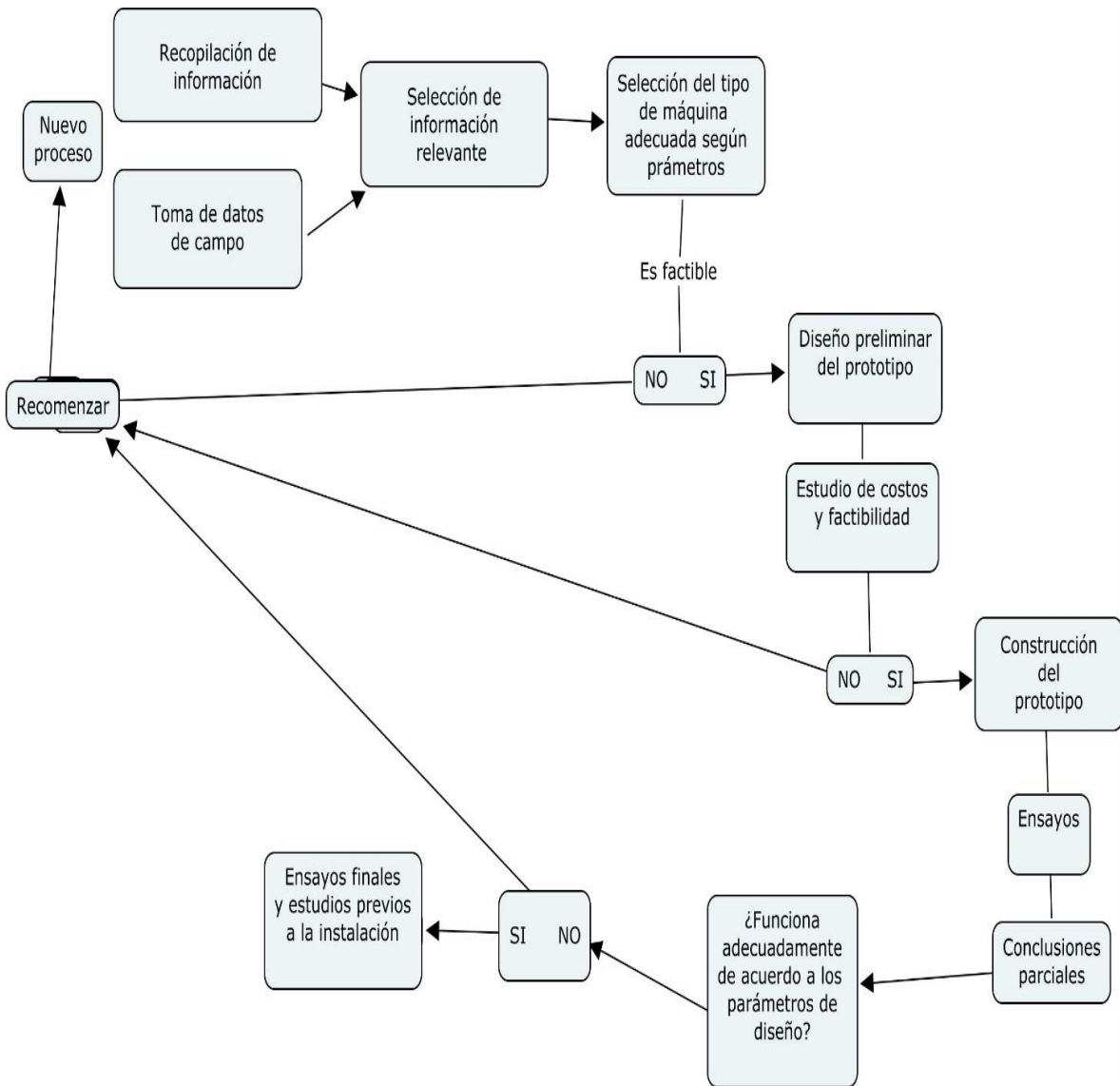


Grafico que resume el sistema metodológico

ETAPA DE INFORMACIÓN

MARCO TEÓRICO

Nikola Tesla nació en Croacia, en aquel entonces parte de Austria-Hungría, el 9 de julio de 1856 y murió el 7 de enero de 1943. Fue inventor, ingeniero mecánico, ingeniero eléctrico y físico.

Patentó la bomba o compresor Tesla en 1909. Y más tarde, en 1911 la turbina de flujo laminar. En ambos equipos la invención de Tesla se basa en dos principios, según menciona su patente: la adhesión y la viscosidad. El funcionamiento de dichos mecanismos estaba basado en efectos relacionados con la capa límite y la tensión superficial.

El modo de funcionamiento del compresor: sobre un eje había dispuestos una serie de discos planos paralelos, muy estrechos y próximos unos de otros, entre los que había un fluido. Si la máquina se comportaba como generadora, al proporcionar energía a su eje, los discos comenzaban a girar, el fluido quedaba confinado entre los discos y se producía un efecto de bombeo; si por el contrario la máquina se comportaba como motora, el fluido a alta presión se introducía por un extremo y evolucionaba entre los discos, generando su movimiento y proporcionando energía mecánica, es decir, funcionando como turbina.

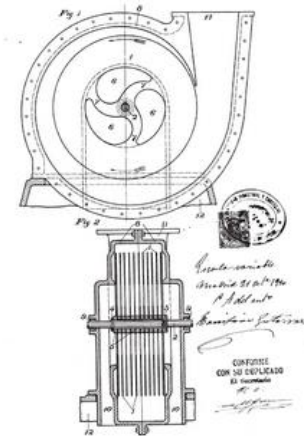


Fig.1 Bomba Tesla.

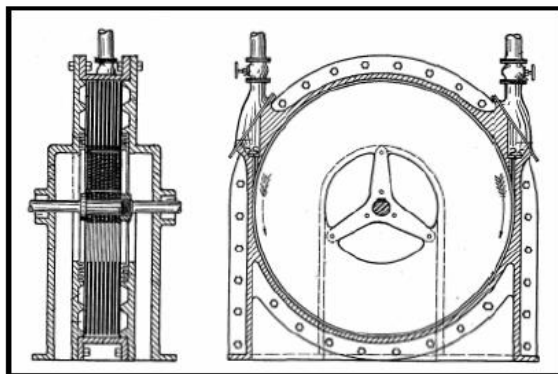


Fig.2 Turbina Tesla.

El primer modelo de turbina fue realizado en 1906, tenía doce discos de 6" (152,4mm) de diámetro y 1/31" (0,79mm) de espesor, con una tolerancia de 1/64" entre la carcasa y la cara del rotor, alcanzando una velocidad de 20.000RPM.

La intención de Tesla fue eventualmente utilizar aceite como combustible, quemándolo directamente y a través de una tobera sacar ventaja del aumento del volumen por el cambio del líquido a gases quemados altamente expandidos, para hacer girar el rotor. Con esto se eliminaría el uso de calderas para la generación

del vapor y le daría al proceso directo un aumento en su eficiencia. Pero, al parecer, Tesla abandono las pruebas en etapa de desarrollo.

Auto regulación: el fluido tiene una trayectoria en forma de espiral, luego sale de la turbina por el centro del conjunto de discos, a la presión de salida y paralelo al eje.

La disminución en la longitud de la trayectoria, incrementa el torque suministrado por el fluido de trabajo al conjunto de discos, haciendo que la turbina retorne entonces al estado y velocidad de equilibrio.

Potencia: la turbina Tesla no produce potencia por debajo del 50% de la velocidad máxima, el máximo torque es alcanzado al 50% de la velocidad máxima y decrece linealmente a medida que se acelera a la velocidad máxima, la eficiencia comienza en el 50% y se incrementa linealmente hacia la velocidad máxima.

La potencia comienza en el 50% y solo se incrementa un 6% en la velocidad máxima.

Desde el 50% al 100% de la velocidad régimen, las fuerzas centrifugas operan en el fluido de trabajo que se mueven en el espacio entre discos, creando una contrapresión al fluido de trabajo entrante.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Como resultado del paso continuo del fluido entre los discos se tiene una transferencia de momento entre el fluido de trabajo y los discos, lo cual desarrolla un par y potencia de salida en el eje.

El fluido se inyecta en los espacios entre los discos en una dirección aproximadamente tangencial a la periferia del rotor, en el ángulo de la boquilla. La turbina Tesla desarrolla su trabajo sin utilizar álabes como las turbinas convencionales. La viscosidad y la adhesión del líquido a la pared son los fenómenos básicos de dicha turbina. Este dispositivo hace un uso inusual de los efectos viscosos que se producen en el flujo de capa límite.

Viscosidad

Es la resistencia que ejercen los fluidos al ser deformados cuando a este se aplica un mínimo de esfuerzo cortante.

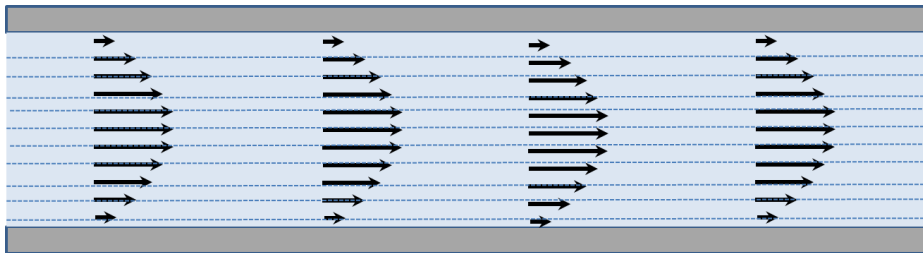
Los fluidos se pueden clasificar en newtonianos, donde hay una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado y la rapidez de deformación resultante, y en no newtonianos, donde tal relación lineal no existe. La Ley de la viscosidad de Newton afirma que dada una rapidez de deformación angular en el fluido, el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la viscosidad.

La resistencia de un fluido al corte depende de su cohesión y de su rapidez de la transferencia de la cantidad del movimiento molecular. Un líquido, cuyas moléculas dejan espacios entre ellas mucho más cerradas que las de un gas, tiene fuerzas cohesivas mayores. La cohesión parece ser la causa predominante de la viscosidad en un líquido; y ya que la cohesión decrece con la temperatura, la viscosidad decrece también.

Fluidos en movimiento

Se distinguen dos tipos principales de flujo de fluidos. Si el flujo es suave, como el de capas de fluido que se deslizan suavemente una sobre otra, se dice que el flujo es aerodinámico o **laminar**, en este flujo cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave, ordenada y estratificada, formando láminas paralelas que no se entremezclan entre sí y cada partícula de fluido sigue una trayectoria, llamada línea de corriente.

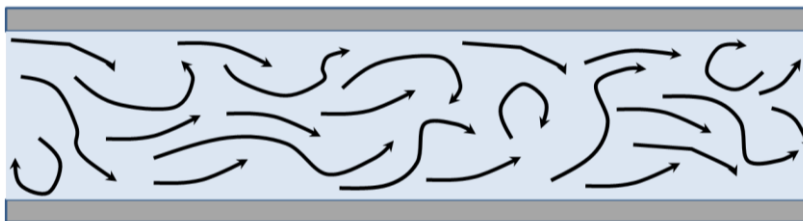
El flujo laminar tiene características especiales que lo hacen eficiente en su totalidad, a diferencia de un fluido turbulento, este es lineal, es decir, tiene una estructura que se presenta en su forma más perfecta.



Laminar

Fig.3 Trayectoria del flujo laminar.

Más allá de cierta rapidez el flujo se vuelve turbulento formando los llamados remolinos, estos absorben una gran cantidad de energía que suele ser provocada por la viscosidad del fluido.



Turbulento

Fig.4 Trayectoria flujo turbulento.

La razón por la que un flujo puede ser laminar o turbulento tiene que ver con lo que pasa a partir de una pequeña alteración del flujo, una perturbación de los componentes de velocidad. Dicha alteración puede aumentar o disminuir. Cuando la perturbación en un flujo laminar aumenta, el flujo es inestable, este puede cambiar a turbulento y si dicha perturbación disminuye el flujo continúa laminar.

Existen tres parámetros físicos que describen las condiciones de flujo, estos son:

- El diámetro de la tubería
- Escala de velocidad. Si es alta podría ser turbulento.
- Viscosidad cinemática. Si es baja el flujo puede ser turbulento.

Los parámetros se combinan en un parámetro llamado número de Reynolds

$$Re = \frac{v \cdot d}{\eta}$$

V = Velocidad

d = Diámetro de la tubería

η = Viscosidad cinemática

Un flujo puede ser también laminar y turbulento intermitentemente, esto puede ocurrir cuando Re se aproxima a un número de Re crítico, que es igual a 2300

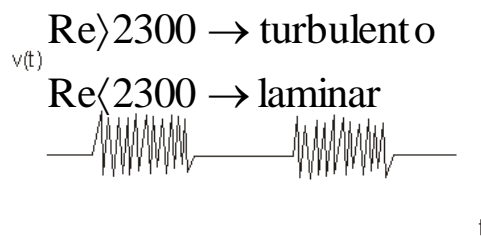


Fig.5 flujo intermitente

Si hacemos un corte transversal, las capas de igual velocidad se disponen de forma concéntrica, con $V = 0$ junto a las paredes de los discos y velocidad máxima en el centro.

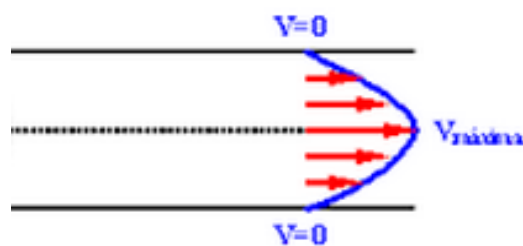


Fig.6 Régimen turbulento

ROTOR (conjunto de discos):

TRANSFERENCIA DE ENERGIA

La misma se produce gracias a lo siguiente:

En el interior del ROTOR:

- Interacción del fluido con los componentes sólidos.
- Definiendo a través del contorno la trayectoria del fluido .

Pérdidas ocasionadas en el ROTOR y fuera de él

- En uniones y elementos espaciadores
- Por admisión parcial
- Perdidas de energía debidas al rozamiento y a las turbulencias
- Perdidas mecánicas en los rodamientos y sellos
- Fugas

Ventajas de la turbina:

- No requiere reconstrucciones periódicas
- Simplicidad de funcionamiento, fácil construcción, silenciosa, economía, reversible, utiliza cualquier tipo de fluido.
- Usada como bomba o compresor.
- Ahorro de combustible.
- Mecanismo muy sensible, pequeño, compacto y confiable.
- Segura.

Desventajas de la turbina:

- Dificultad de eficiencia en toberas y rotores: debido a la alta velocidad del fluido.
- Alta velocidad y bajo torque (el producto de la fuerza por la distancia).
- Bajo rendimiento en aplicaciones con tamaños grandes.

POSIBLES APLICACIONES: Se puede utilizar en centrales hidroeléctricas para generar energía eléctrica así como también se utilizan en centrales geotérmicas con fluidos gaseosos que pueden ser recolectados y almacenados para su utilización en estas turbinas.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN: existen dos modos de operación para la turbina descrita en la patente de Tesla y ambas son tan simples como su mismo diseño. Ambos modos hacen entrar el fluido de trabajo a la carcasa tangencialmente y en el mismo plano que el paquete de discos. En el primer modo de operación el fluido no tiene una tobera real y permite al fluido de trabajo expandirse totalmente al interior de la turbina. En el segundo modo tiene una tobera que acelera el fluido de trabajo, el cual entra al conjunto del disco con menos presión pero con mayor velocidad. En ambos modos, las superficies fronterizas y la fuerza de corte o resistencia del fluido debido a su viscosidad es lo que hacen girar el conjunto de discos.

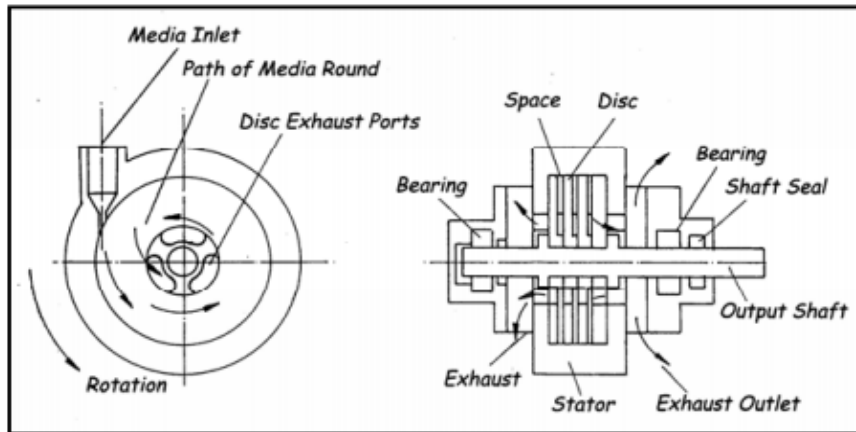


Fig.7. Principio de operación.

MODO 1: La fuerza centrípeta, debido a la rotación de discos, actúa de tal forma que mantiene la expansión del fluido de trabajo de forma tangencial en vez de radial. Finalmente, después de una larga trayectoria en forma de espiral, el fluido de trabajo sale de la turbina por el centro del conjunto de discos, a la presión de salida y paralelo al eje. Esta situación también le permite a la turbina auto-regularse.

MODO 2: El fluido actúa sobre los discos de la misma forma que en el modo 1, excepto que la expansión ocurre a través de una tobera, produciendo una mayor velocidad, lo cual presta a sí misma mayor fuerza para ser aplicada a los discos.

Una turbina opera como resultado del impulso y la reacción sobre la superficie o a la vez que se pronuncian con respecto a la referencia de un eje con un flujo turbulento resultante. El dispositivo diseñado por Tesla no posee superficies pronunciadas, por el contrario, utiliza discos planos y lisos. El fluido de impulso es un flujo laminar sin ningún tipo de turbulencia lo cual permite la extracción del mayor porcentaje posible de energía cinética.

EL DESEMPEÑO DE LA TURBINA

ES UNA TURBINA MIXTA, es decir, tiene ciclos de acción y reacción. En donde las arandelas actúan como elemento de impulso y los discos como elementos de reacción. El fluido de trabajo entra tangencialmente al paquete de discos, encontrando a su paso los álabes ubicadas en los bordes de los discos. Las cuales ejercen un efecto de impulso- arrastre, que es esencial para el encendido de la turbina. Después de esto el fluido del trabajo se mueve en espiral a través del espacio estrecho entre los discos hacia el puerto de salida, con una tendencia a pegarse a la superficie del disco. Esta interacción de adhesión y movimiento del fluido de trabajo en espiral accionan el disco en la dirección del flujo.

En general, ha sido encontrado que la eficiencia del rotor puede ser muy alta para un diseño óptimo. Este es un parámetro de diseño que muchas veces es difícil de asegurar ya que presenta fuertes variaciones en la viscosidad del fluido, o al menos igual a la adquirida por rotores de alabes convencionales. Pero en otros puntos la eficiencia es muy baja, ya que se encuentra a una velocidad de rotación, viscosidad y configuración

geométrica diferente. Por esta razón un modelo óptimo solo sirve para trabajar en el punto de operación de diseño y no es muy fácil asegurarlo por la inestabilidad del comportamiento transitorio.

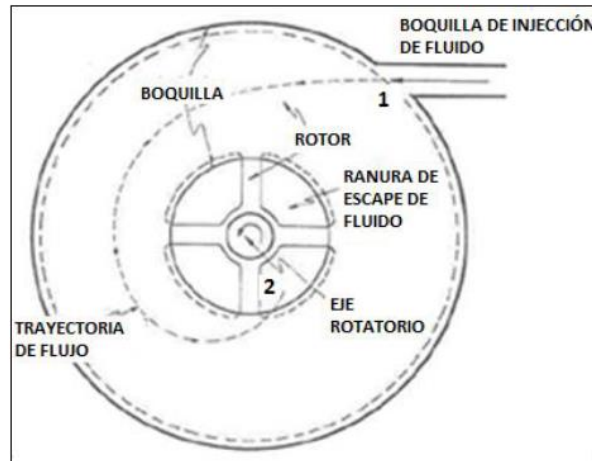


Fig.8. Trayectoria del fluido sobre los discos.

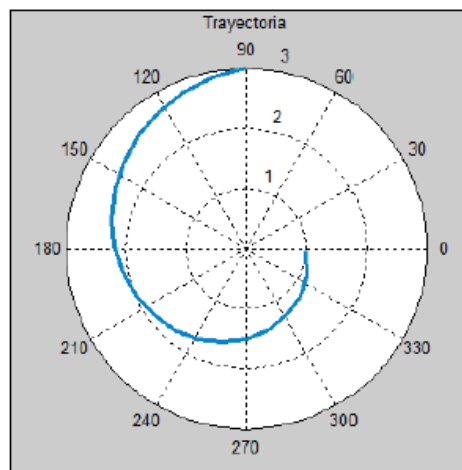


Fig.9. Trayectoria que sigue una partícula de fluido a través de los discos.

MÁQUINAS TIPO TESLA ACTUALES:

Muchos intentos se han hecho para comercializar las turbo-maquinarias tipo Tesla, especialmente bombas, pero aplicaciones ampliamente generalizadas no son aparentes. Muchas personas o grupos intentando comercializar las maquinas tipo tesla han diseñado, construido y operado varios modelos de estas. Las bombas han recibido mayor interés, pero los compresores y las turbinas también han sido construidas y

operadas. Muchos de estos datos de pruebas útiles han sido grabados sin dudas, pero muy poco ha sido publicado o difundido a causa de una necesidad percibida de mantener en secreto la información. La mayoría de turbinas tipo tesla y bombas han sido diseñadas usando intuición y cálculos sencillos o por la experiencia empírica.

Esto casi siempre ha conducido al uso de espacios entre discos y diámetro de los discos inadecuados y a las ausencias de un buen proceso de optimización el diseño de la turbo-maquinaria Tesla.

En la actualidad, se desarrollan nuevas aplicaciones, bajo el principio de trabajo descubierto por Tesla, especialmente para pequeñas geometrías. Estas nuevas aplicaciones incluyen el uso de fluidos con alta viscosidad, fluidos con contenido de partículas y fluidos en dos fases.

La más importante aplicación de la turbinas Tesla se encuentra en el uso como fuente de potencia para los automóviles. Tal motor, adaptado a un vehículo para pasajeros, podría ser una unidad que utilizara tres ejes y comprendida por un compresor integral, un distribuidor, y una reducción en base a un conjunto de piñones.

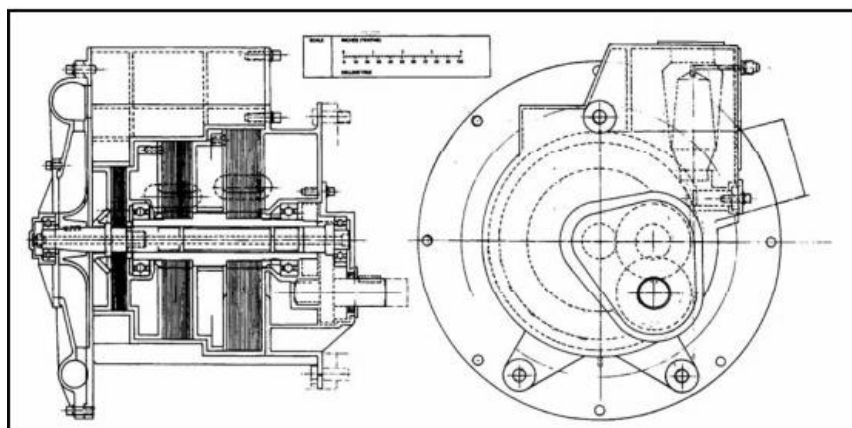


Fig.10. Turbina Tesla utilizada en automóviles.

Otra probabilidad para el futuro de aprovechar la versatilidad de la turbina es utilizarla como motor de aire o compresor, y equipar el vehículo con una serie de tanques para almacenamiento de aire a alta presión, haciendo de esta forma funcionar el vehículo bajo aire comprimido, sin ningún tipo de contaminación o polución en lo absoluto. Tal propuesta, utilizando una unidad reciprocante, se encuentra bajo gran consideración en Francia y México.

De este tipo de tanques cargados a 40 bares se puede obtener un alcance útil y buena velocidad, y el vehículo es extremadamente simple, sin necesidad de caja de cambios, tanque de gasolina o motor, y puede tener una construcción bastante liviana.

ETAPA DE DESARROLLO

Diseño preliminar del prototipo:

Selección de información relevante

Se partió del dato de un caudal de agua aproximado de 5 l/s. Y una altura neta de 20 m.

Potencia hidráulica:

$$P = \delta \cdot g \cdot H_N \cdot Q$$

$$P = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 20\text{m} \cdot 0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$P = 930W$$

Teniendo en cuenta que 1CV=735,5W

$$P = 1,26CV$$

P= Potencia [W]

δ = Densidad del agua [kg/m³]

g= Aceleración de la gravedad [m/s²]

H_N= Altura geodésica neta [m]

Q= Caudal [m³/s]

Diseño técnico preliminar:

Con los datos obtenidos y los elementos con los que contamos, avanzamos sobre el diseño del equipo.

El conjunto estará compuesto por:

- Rotor
- Rodete
- Carcasa con tobera
- Eje
- Tapas
- Bandeja para ensamble
- Bujes
- Soportes de pie con rodamiento "Y". YET 203 SY 503

CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO

Rotor

El rotor está compuesto por un conjunto de discos planos, separados por arandelas y unidos por pasadores, los cuales constituyen la parte principal de la turbina, ya que a través de éste se lleva a cabo la transferencia energética desde el fluido de trabajo, a causa de las fuerzas viscosas que ejerce el flujo sobre las superficies planas de los discos.

El diseño consiste en un conjunto de discos planos montados paralelos y separados entre sí a través de la utilización de arandelas redondas, que están en el centro de los discos, montadas sobre el eje. Todo este conjunto se encontrara sellado con dos discos de acrílico.

Además, posee unos álabes en forma de gota que están ubicados en el estrecho espacio entre los discos. Para efectos del proyecto, nos referimos a este como el **rodete Tesla**.

Discos: Es el elemento de reacción que compone a la turbina.

Son 17(diecisiete) discos en total. Los cuales están sometidos a fuerzas de inercia centrípeta, esto a causa de la velocidad de operación de la turbina.

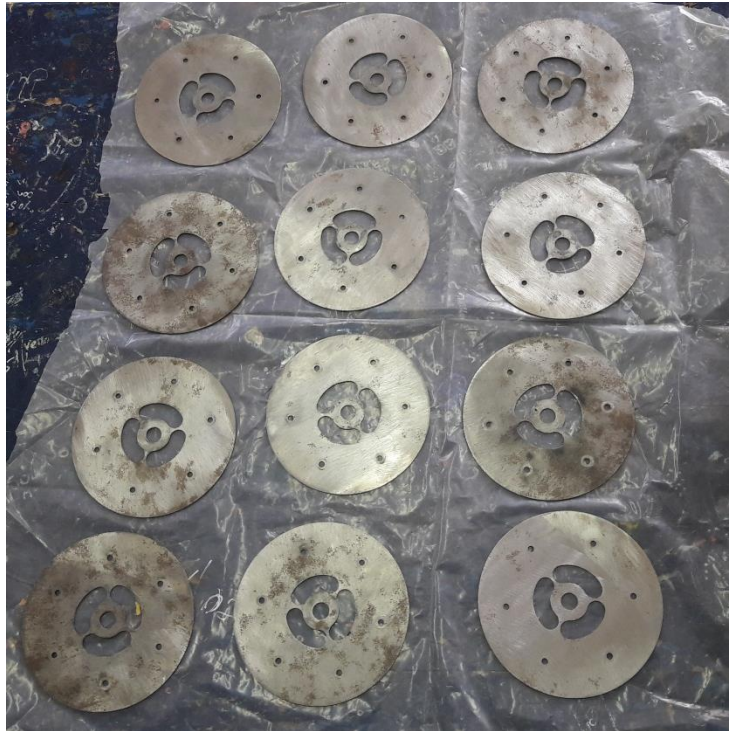


Fig.11. Discos de la turbina.

Sus dimensiones son:

Diámetro exterior: 154mm

Diámetro interior: 62mm

Espesor: 1,5mm

Estos fueron sometidos a un proceso de Electrodeposición.

El cobreado es un recubrimiento metálico de cobre, realizado mediante baño electrolítico, que se da sobre piezas metálicas, ya sean de acero, latón, cobre y que sirve para aumentar su resistencia a la oxidación, la corrosión o el desgaste, mejorar la conductividad y soldabilidad, y para mejorar su aspecto.

Electrodeposición: consiste en la descomposición química de una sustancia por medio de la electricidad.

Dicho fenómeno tiene lugar en recipientes conocidos como celdas electrolíticas. Una celda electrolítica está constituida por dos conductores llamados electrodos; uno positivo o ánodo (atrae los aniones) y el otro negativo o cátodo (capta los cationes) conectados a una fuente de corriente eléctrica, continua. Los electrodos están inmersos en el electrólito.

Algunas disoluciones contienen iones positivos y negativos procedentes de la sustancia disuelta. Estas sustancias son los electrólitos. El ácido clorhídrico, el cloruro de sodio o el cloruro de cobre, son ejemplos de Electrodeposición.

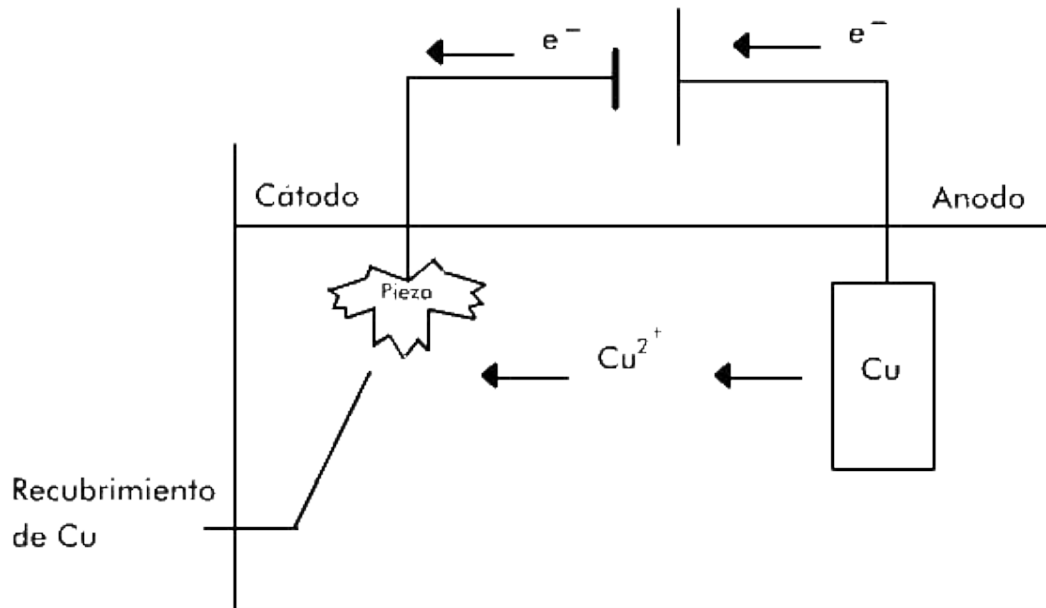


Fig.12. Esquema del electrodeposición.

Alabes del rodete tipo gotas:

Forman el rodete y actúan como elemento de impulso.



Fig.13. Alabes del rodete.

Rodete:

Este rodete está compuesto por un conjunto de discos (17), los cuales fueron fabricados en lámina de acero, con un acabado superficial, ya que estarán en contacto directo con el fluido de trabajo (agua), y es necesario evitar algún tipo de corrosión u obstrucción en los discos que causen turbulencia, debido al espacio

estrecho que hay entre los discos (espesor de los separadores: 1,5 mm), lo que puede afectar considerablemente el funcionamiento de la turbina.

Recordemos que uno de los principios de funcionamiento de la turbina es el arrastre viscoso y para mantener este efecto es importante garantizar el buen acabado superficial de los discos.



Fig.14. Rodete.

Este soporta al rotor y la energía se transfiere por sus extremos. Para la fabricación de los discos, alabes del rodete (en forma de gota), se utilizó la fresadora CNC. Las ventajas de este proceso fueron:

- Precisión, logrando una tolerancia de ± 1 mm sobre las dimensiones, factor importante para el ensamble y balance del conjunto.
- Mejor acabado del área de corte (sin rebabas).

Las arandelas redondas fueron realizadas en lamina de plástico (espesor: 1,5 mm), con un diámetro exterior de 32 mm y un diámetro interior de 14 mm, mediante un proceso de fresado.

Para los pasadores del ensamble del rotor se utilizaron tornillos $\varnothing 5$ mm, con tuercas ciegas en los extremos. La altura del rotor ensamblado es de 56 mm.

Para el acople del rotor con el eje de la turbina y el ensamble del mismo rotor, se construyeron dos toques de acero, que fueron soldados uno en cada disco externo del rotor.

Tobera

Es la boquilla por la que se inyecta el fluido, y esta lo expande sobre el ancho del rotor.

Tiene un diámetro de 40 mm. El cual es reducido a un orificio en forma rectangular de 53x5 mm. ($0,000265\text{m}^2$)

Carcasa

La carcasa se compone principalmente de tres partes: Dos tapas, una posterior y otra inferior, cada una con sus desagües y una ranura para la tobera. Estas tres partes fueron fabricadas en acero.

El fluido de trabajo (agua) entra a través de la tobera que se encuentra alojada en el tubo de entrada que esta solidario a la ranura de la carcasa, este a su vez se encuentra atrapado entre las tapas, frontal y posterior. Las tapas dan soporte a la carcasa y permiten la salida del agua. Estas tiene unas perforaciones por la cuales sobresale el eje y se conecta con las cajas de rodamientos.

Caja de rodamientos:

Elementos que componen la caja de rodamientos

- **Rodamientos:** Un rodamiento es un mecanismo que permite un movimiento de rodadura entre dos superficies opuestas separadas por elementos rodantes que pueden ser esferas o rodillos y que se deslizan sobre guías o pistas. El área de contacto entre los elementos rodantes y las pistas es muy pequeña, que las pérdidas por fricción son muy bajas, lo cual resulta muy favorable. Igualmente, el incremento de su temperatura de funcionamiento es baja, como resultado del poco consumo de potencia. Se conocen también con el nombre de cojinetes antifricción, son de alta precisión y de larga duración, especialmente si se montan y lubrican correctamente. Los rodamientos fueron seleccionados tomando en cuenta la carga aplicada sobre estos, que es principalmente radial y las RPM de trabajo (10.000 RPM aprox.). Así que seleccionamos los rodamientos tipo “Y” YET 203 SY 503 .

Eje

Este soporta al rotor y la energía se transfiere por uno de sus extremos al ser acoplado con el generador.

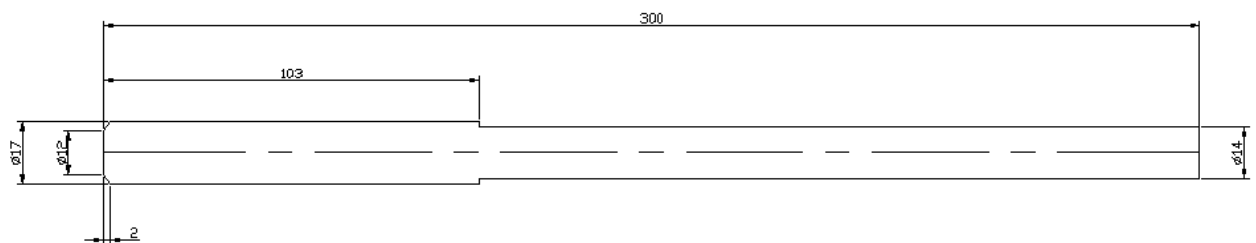


Fig.15. Eje

Mesa de ensamble

La misma soporta todo el conjunto, dándole salida inferior a los desagües.

ENSAMBLE FINAL

Habiendo construido y armado cada subensamble (Turbina, caja de rodamientos y mesa de ensamble), se procedió a ensamblarlas.

La imagen muestra el ensamble final del sistema propuesto para el análisis de la turbina de flujo laminar, tipo Tesla.

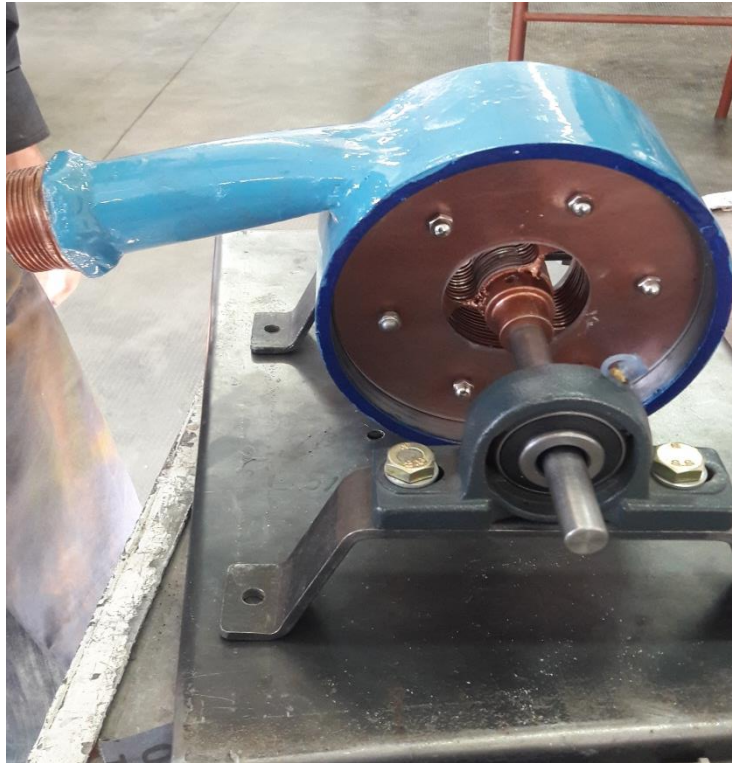


Fig.16. Ensamble rotor.

DETALLES DE MATERIALES: Para la construcción del prototipo utilizamos los recursos de escuela, algunos comprados por la misma y reciclados.

- ❖ Láminas de acero de 2mm de espesor
- ❖ Láminas de acero de 1mm
- ❖ Cilindro de 170mm de diámetro y 8mm de espesor
- ❖ Plaquetas de circuitos impresos recicladas.
- ❖ Acrílico de 4mm de espesor

Una vez comenzada la sección, esta turbina estaba en proceso: según informes anteriores habían torneando internamente un cilindro de acero hasta cierta medida, también estaban diseñadas y fabricadas las tapas, con un desagüe. Las cuales debimos remodelar porque tanto estéticamente como funcionalmente no estaban en condiciones.

También, estaban confeccionados: la tobera y los topes que fueron soldados a los discos externos, utilizados para presionar al conjunto de los doce discos.

Realizamos los álabes en forma de gota, que son parte del rodete.

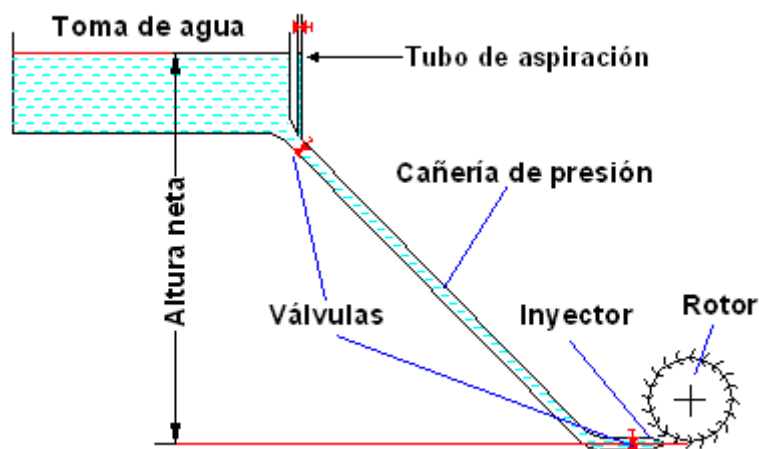
Y por último, sometimos a los discos a un proceso de electrodeposición, para un acabado superficial. Lo cual requirió de varios ensayos.

ETAPA FINAL

ENSAYO DE LA MAQUINA

MARCO TEÓRICO

- **Determinación de la altura neta para una turbina de acción**



Para la determinación de la potencia hidráulica se considerarán los siguientes datos:

h: Diferencia de altura entre el nivel de la toma de agua y la entrada de la máquina

V_t : Velocidad del agua en la tubería de presión

V_{ch} : Velocidad del chorro de agua a la salida del inyector

S_t : Sección de la tubería de presión

S_{ch} : Sección a la salida del inyector

λ : Coeficiente de pérdidas primarias en la tubería de presión. (Pérdidas por rozamiento)

ξ_s : Coeficiente de pérdidas secundarias por el desagote brusco en la cañería.

ξ_v : Coeficiente de pérdidas secundarias en la válvula situada a la entrada de la máquina

ξ_i : Coeficiente de pérdidas secundarias en el inyector

L: Longitud de la tubería de presión

d : Diámetro de la tubería de presión

δ : Densidad del agua

Q : Caudal

Aplicando la ecuación de Bernoulli entre dos puntos situados uno en el nivel de agua en la toma y otro a la salida del inyector :

$$h - \lambda \frac{L V_t^2}{d 2g} - \frac{V_t^2}{2g} (\xi_s + 2 \cdot \xi_v) - \xi_I \frac{V_{ch}^2}{2g} = \frac{V_{ch}^2}{2g}$$

El lado izquierdo de la igualdad expresada en (1) es para nosotros la altura neta de la máquina y corresponde a la diferencia de nivel entre el nivel de la toma de agua y la salida del inyector, menos las pérdidas primarias y secundarias que se dan en el tramo de cañería.

$$H_{NETA} = \frac{V_{ch}^2}{2 \cdot g} \quad (1)$$

➤ Determinación de la potencia hidráulica

La potencia hidráulica de calcula mediante la siguiente expresión

$$P_H = \hat{\rho}_{H_2O} \cdot g \cdot Q \cdot H_N \quad (2)$$

Donde:

$$\hat{\rho}_{H_2O} = \text{Densidad del agua} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad} \left[\frac{\text{m}}{\text{m}^2} \right]$$

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

$$H_N = \text{Altura neta de la maquina} [\text{m}]$$

Teniendo en cuenta la expresión 1 y reemplazando la expresión dos obtenemos que:

$$P_H = \delta \cdot g \cdot Q \cdot \frac{V_{ch}^2}{2g} \quad (3)$$

Objetivos:

- **Determinar la velocidad de rotación de la máquina para distintos valores de potencia hidráulica**
- **Estimar la relación de transmisión que se utilizará para el acoplamiento del generador eléctrico**

El ensayo lo realizamos en el laboratorio de máquinas hidráulicas que tenemos en la escuela. Medimos mediante un tubo Venturi que está instalado sobre la cañería de alimentación de la turbina el caudal y con un tacómetro las revoluciones sobre el eje de la máquina. Ambos valores, junto a otros que se calcularon, se volcaron en la siguiente tabla.

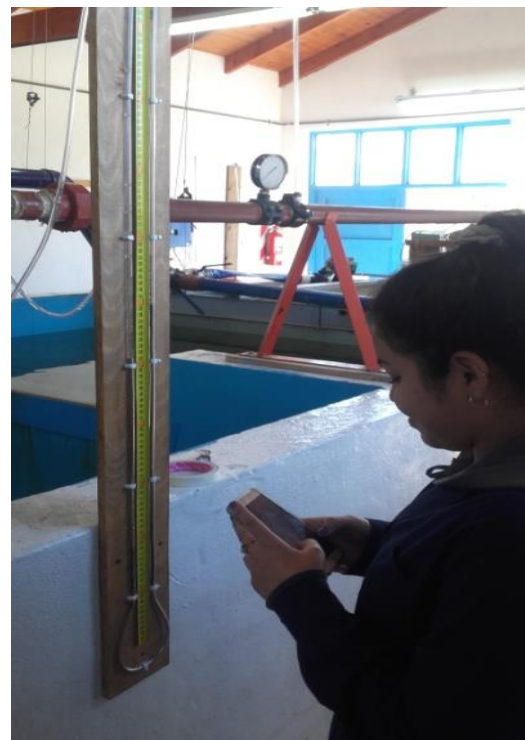
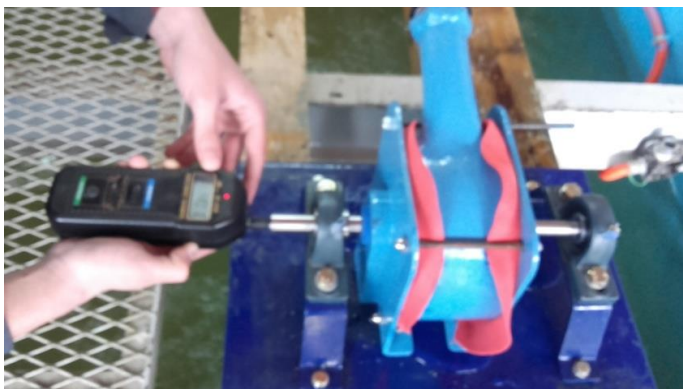
Referencias de la tabla:

- ΔH : Diferencia de altura en la columna de mercurio del manómetro diferencial
- Q ; Caudal que circula por la tubería. El mismo se determinara mediante la lectura del manómetro diferencial de mercurio conectado a un venturi montado sobre la tubería de alimentación y por la siguiente expresión matemática

$$Q = 0,005\sqrt{\Delta H} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

$$Q = \text{Caudal} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \right]$$

ΔH = Diferencia de altura en el manómetro diferencial



- S_i : Sección del inyector. Para este caso :

$$S_i = 0,000265 \text{ m}^2$$

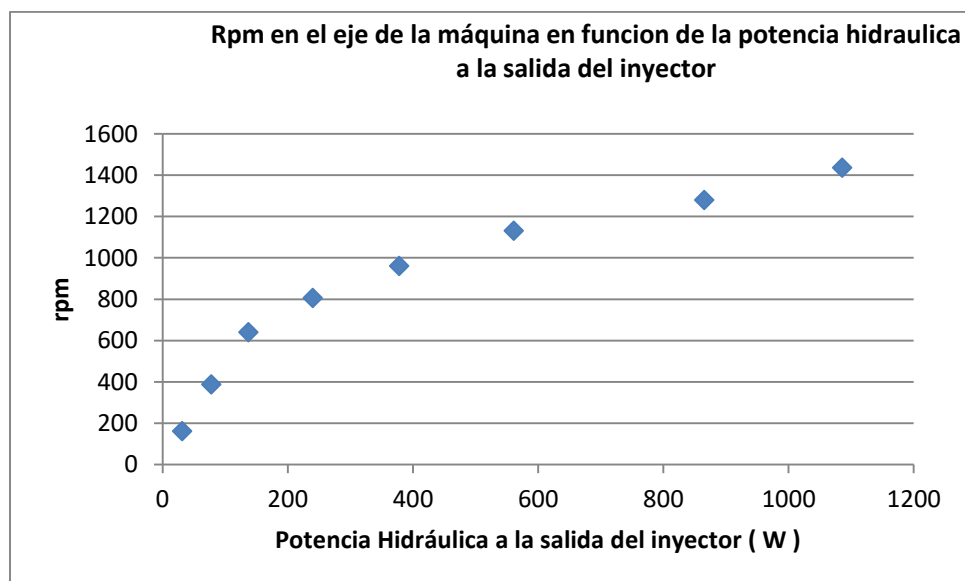
- v_i : Velocidad a la salida del inyector
- H_N : Altura neta de la máquina
- P_H : Potencia hidráulica
- Rpm: Revoluciones en el eje de la máquina



Tabla N° 1

| N° Med | ΔH (m) | Q (m ³ /seg) | S _i (m ²) | v _i (m/seg) | H _N (m) | P _H (Watt) | rpm |
|----------|---------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|
| 1 | 0,10 | 0,00158 | 0,000265 | 5,96 | 1,77 | 31,22 | 162 |
| 2 | 0,20 | 0,00223 | 0,000265 | 8,41 | 3,57 | 78,02 | 888 |
| 3 | 0,29 | 0,00269 | 0,000265 | 10,16 | 5,21 | 137,34 | 640 |
| 4 | 0,42 | 0,00324 | 0,000265 | 12,23 | 7,56 | 240,04 | 805 |
| 5 | 0,57 | 0,00377 | 0,000265 | 14,23 | 10,23 | 377,96 | 960 |
| 6 | 0,74 | 0,00430 | 0,000265 | 16,23 | 13,31 | 560,88 | 1130 |
| 7 | 0,99 | 0,00497 | 0,000265 | 18,76 | 17,77 | 865,51 | 1280 |
| 8 | 1,15 | 0,00536 | 0,000265 | 20,23 | 20,67 | 1085,76 | 1435 |

Grafico N° 1

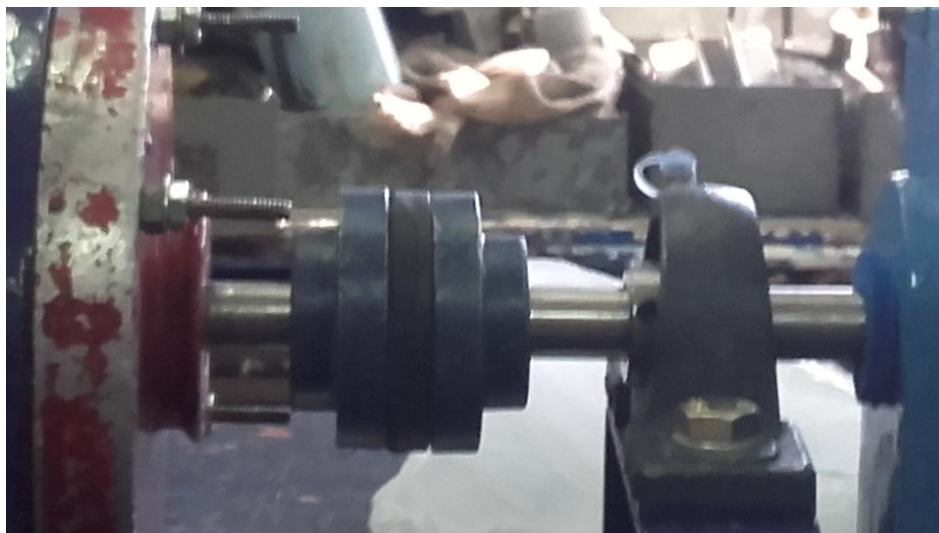


ACOPLAMIENTO DEL GENERADOR

El generador a acoplar será un asíncrono trifásico de imanes permanentes que se montado sobre una base construida con perfiles de hierro fijada a la base de la turbina por medio de bulones pasantes.



Debido a que las revoluciones obtenidas en el ensayo no son muy elevadas el acoplamiento entre el generador y la turbina se realizó por medio de un manchón



ENSAYO DE LA MAQUINA CON EL GENERADOR ACOPLADO

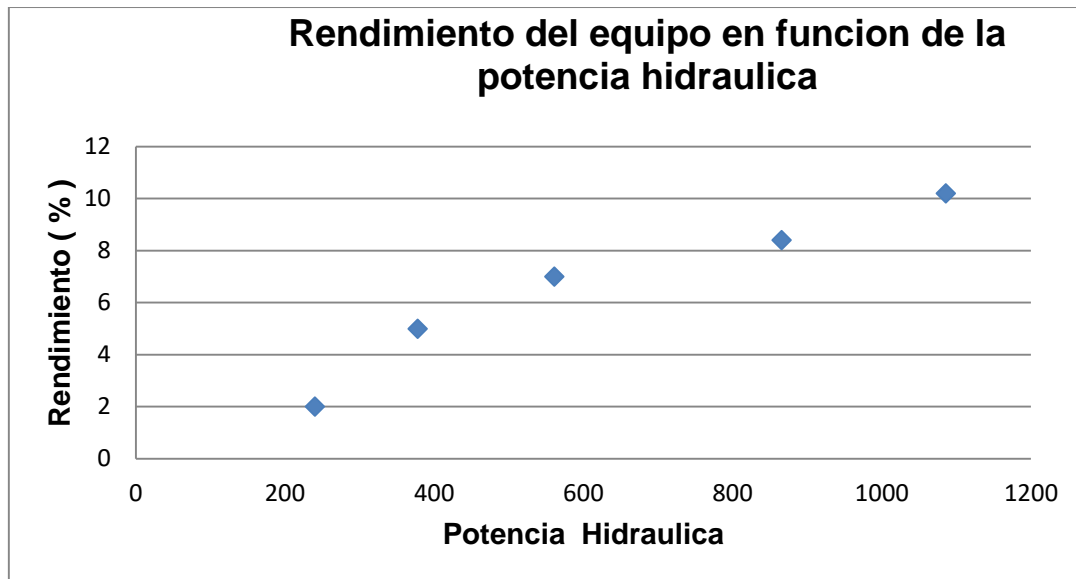
Objetivos:

- **Determinar la velocidad de rotación en el eje del generador en vacio y en carga**
- **Estimar el rendimiento del equipo**

Este ensayo al igual que el anterior lo realizaremos en el Laboratorio de Maquinas Hidráulicas de la Escuela. Para ello montaremos el equipo completo en el banco de pruebas y conectaremos la salida del generador a una batería mediante un tablero eléctrico. .La prueba se realizara para los mismos valores de caudal y potencia hidráulica obtenida en el ensayo anterior y se buscara medir los valores de tensión y corriente que llegan a la batería para de esa manera estimar el valor de la potencia eléctrica entregada por el equipo. Con el valor de potencia hidráulica obtenido en el ensayo anterior y el valor de potencia eléctrica medido en este ensayo sobre la batería se calculará el rendimiento aproximado del equipo.

Tabla N°2

| N° Med | Q (m ³ /seg) | P _H (Watt) | rpm Vacio | Rpm Carga | I (A) | U (V) | P _E (Watt) | η (%) |
|----------|----------------------------|----------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------|
| 1 | 0,00158 | 31,22 | 162 | 160 | - | - | - | - |
| 2 | 0,00223 | 78,02 | 888 | 385 | - | - | - | - |
| 3 | 0,00269 | 137,34 | 640 | 599 | - | - | - | - |
| 4 | 0,00324 | 240,04 | 805 | 744 | 0,53 | 11,86 | 6,28 | 2 |
| 5 | 0,00377 | 377,96 | 960 | 870 | 1,17 | 11,99 | 20,38 | 5 |
| 6 | 0,00430 | 560,88 | 1130 | 958 | 3,53 | 12,40 | 43,4 | 7 |
| 7 | 0,00497 | 865,51 | 1280 | 1075 | 5,49 | 12,92 | 70,93 | 8,4 |
| 8 | 0,00536 | 1085,76 | 1435 | 1196 | 8,08 | 13,76 | 111,3 | 10,2 |



CONCLUSIONES FINALES DEL TRABAJO

- **Para una altura neta de 20,67 m y un caudal de 5,36 l/seg el equipo entrega una potencia aproximada de 110w con un rendimiento del 10,2 %**
- La corriente eléctrica que ingresa a la batería es suficiente para alimentar el consumo de una vivienda necesario para iluminación y equipos de comunicación.

$$8,08 \frac{\text{A}}{\text{h}} \cdot 24 \text{ h} = 193,9 \frac{\text{A}}{\text{dia}}$$

- Mediante el desarrollo del trabajo pudimos profundizar los contenidos teóricos y prácticos que aprendimos en la escuela

Aspectos a mejorar

- Es necesario agrandar las secciones por donde sale el agua de la turbina ya que al no producirse la evacuación completa esta interfiere en el rotor disminuyendo las revoluciones sobre el eje de la máquina.
- También consideramos como necesario reducir las pérdidas que se ocasionan en las uniones entre las tapas y la carcasa.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- **GIECK, K., 2004, Manual de fórmulas técnicas.** 30° edición, Ed. alfaomega. México
- **MATAIX, C., 2005,** Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas, 2° edición, Ed. Alfaomega – Oxford, México.
- **ASHER, S., 1977, Formas y fluidos,** 2° edición, Ed. Eudeba, Buenos Aires.
- **Seminario taller: aplicación de energías renovables para el desarrollo rural,** INTA–INCUIPO (1996), Reconquista, Santa Fe, Argentina.
- **GILES, Ronald V. Mecánica de los fluidos e Hidráulica.** Mc Graw-Hill. 1967. U.S.A.
- **POTTER, Merle C y WIGGERT, David C. Mecánica de los fluidos.** Prentice Hall. 1998. México
- <http://www.skf.com/ar/index.html>
- <http://www.ayunenergia.com/energia-hidraulica>
- https://www.academia.edu/17571162/PROYECTO_AN%C3%81LISIS_Y_CONSTRUCCI%C3%93N_DE_UNA_TURBINA_DE_TESLA
- https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_turbine
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/conceptosbasicosmfluidos/flujolaminar/flujolaminar.html>
- http://ocw.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%201.Principios%20de%20Hidraulica/tutorial_05.htm

AGRADECIMIENTOS

A los/as compañeros/as de 6º año Electromecánica, ya que a pesar de no formar parte de este equipo nos apoyaron y alentaron.

A los/as docentes y no docentes, al equipo directivo de la Escuela, que aportaron opiniones y conocimientos dentro y fuera del horario escolar.

ANEXO

GALERIA DE IMÁGENES

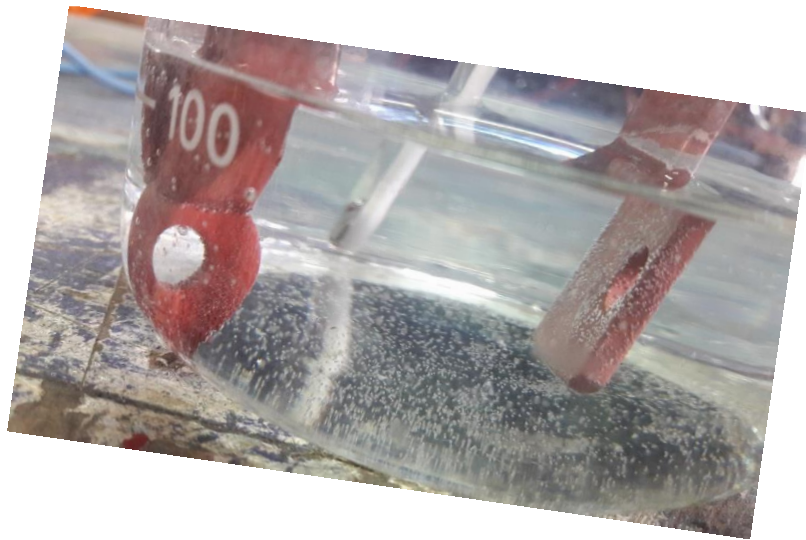


Fig.17. Ensayo cobreado con ácido sulfúrico.

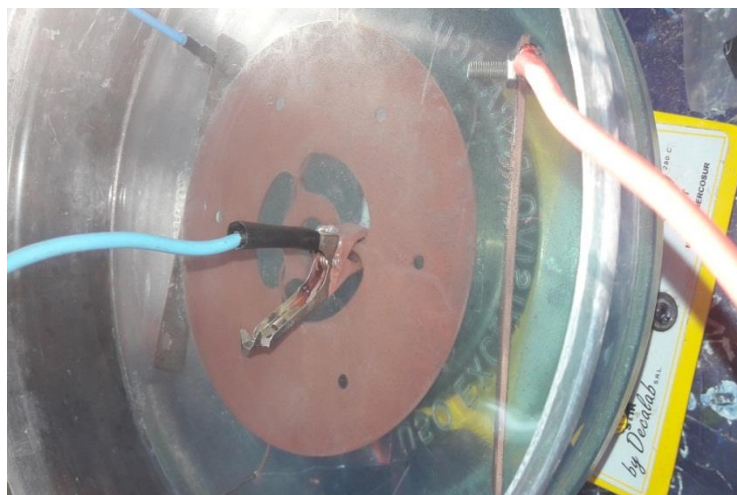


Fig.18.Cobreado con sulfato de cobre + ácido clorhídrico + agua destilada + fuente de C.C

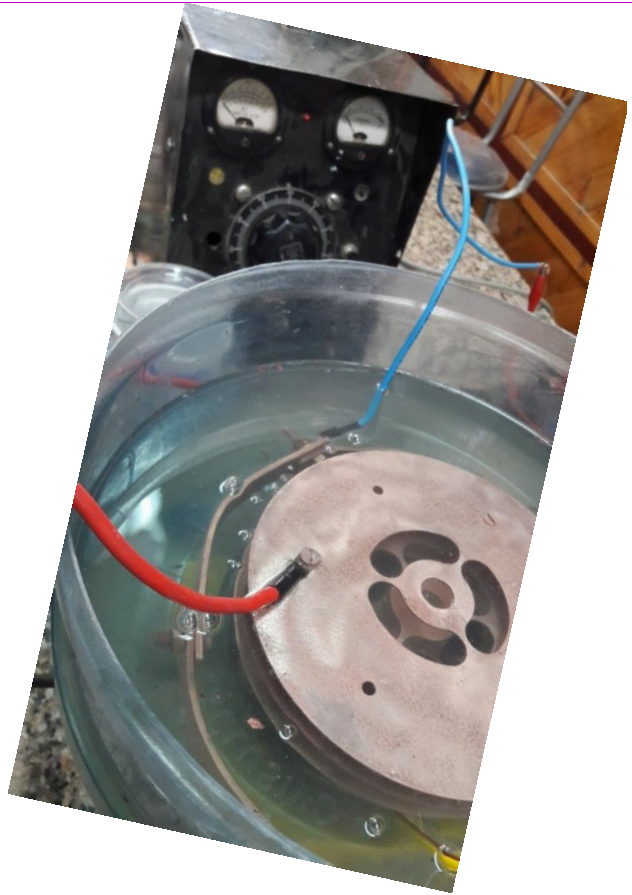


Fig.19.Cobreado con ácido sulfúrico +Azúcar (glucosa +sacarosa) + agua destilada +fuente de C.C.



Fig.19. Cobreado acido sulfúrico + sal (cloruro de sodio NaCl) +agua destilada +fuente de C.C.



Fig.20. Ensayo ensamble.

TÉCNICAMENTE 2017

Turbina de flujo laminar tipo Tesla

Registro pedagógico

Área: Tecnología

Modalidad: Educación Técnica y Profesional

Docentes:

Spontón Alejandro Darío DNI: 32.567.801

Garcés Olsen, Enrique Daniel DNI: 26.510.866

Bossini, Alejandro Marcial DNI: 25.182.513

Alumnos/as

Arrieta Gustavo Damián DNI: 41.644.998

Torossian Julián DNI: 41.751.057

Guentian Malena Jorgelina DNI: 41.347.348

Alfonso Clara Joselina DNI: 41.124.136

Vielma Cintia Elizabeth DNI: 41.751.044

Caro Jorge Alberto DNI: 41.193.874

ESCUELA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN TÉCNICA Nº 4

Gregorio Álvarez y Perito Moreno - Junín de los Andes - Neuquén

e-mail epetjandes@yahoo.com.ar

Teléfono: 02972-491556

✓ **Introducción**

En este proyecto se ha diseñado y construido una turbina mixta. El fluido de trabajo entra perpendicularmente a un paquete de discos, encontrando a su paso las arandelas en forma de gota ubicadas en el borde del mismo. Estas arandelas actúan como elemento de impulso y los discos como elementos de reacción.

Este conjunto (arandelas y discos) ejerce un efecto de impulso- arrastre, que es esencial para el arranque de la turbina. Después de esto el fluido de trabajo se mueve en espiral a través del espacio estrecho entre los discos hacia los orificios de salida, con tendencia a adherirse a la superficie de estos. Esta interacción de adhesión y movimiento del fluido de trabajo en espiral accionan el rotor en la dirección del flujo. El fluido de impulso produce un flujo laminar que permite la extracción del mayor porcentaje posible de energía cinética.

✓ **Objetivo general**

- Necesidad de articular los diferentes contenidos de teoría y taller desarrollados en la Escuela a partir del desarrollo de un proyecto que resuelva una problemática concreta de la comunidad

✓ **Objetivos específicos**

Que los/as alumnos/as involucrados/as logren...

- La apropiación de los contenidos propuestos
- Destreza en el manejo de herramientas, equipos y máquinas-herramientas de mecánica, electricidad y electrónica
- Un grado de conocimiento, autonomía y sentido crítico tal que les permita abordar y resolver situaciones problemática reales presentes en nuestra comunidad
- Valorar el trabajo en equipo respetando los diferentes puntos de vista, aprendiendo de los aciertos y los errores cometidos en el desarrollo

✓ **Marco Teórico a utilizar**

Este proyecto se sustenta en la escuela a partir de una práctica docente que:

- Considera siempre para su desarrollo **el qué** enseña, **el cómo** enseña, **el para qué** enseña y **para quién** enseña.
- Es revisada e investigada en forma permanente.

- Entiende al conocimiento como un bien social.
- Reconoce la interculturalidad.
- Revaloriza las ciencias sociales y humanas como una parte fundamental en la formación tecnológica e integral de sus alumnos/as.
- Es integradora, democratizadora y generadora de conocimientos.
- Considera el contexto social y político donde desarrolla su trabajo.
- Es inclusiva y no exclusiva.
- Promueve la participación comunitaria.

El modelo didáctico que sustenta este proyecto es el de “Aprendizaje basado en problemas” en donde:

...es el/la alumno/a quien busca el aprendizaje que considera necesario para resolver los problemas que se le plantean, los cuales conjugan aprendizajes de las diferentes áreas del conocimiento.

Este método tiene implícito en su dinámica de trabajo el desarrollo de habilidades, actitudes y valores para la mejora personal y profesional de el/la alumno/a y se basa en tres principios básicos de la corriente constructivista a saber...¹

- El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente y social.
 - El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación estimula el aprendizaje.
 - El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y la aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales y colectivas del mismo fenómeno.
- ✓ **Motivos por lo que se eligió esta práctica**

¹ Noceti, Haydeé – Situaciones problemáticas: una estrategia de enseñanza y de aprendizaje. 2008

- Por estar dentro del Proyecto Educativo Institucional.
- Por presentar la posibilidad de realizar una práctica profesionalizantes a partir de una problemática real existente en nuestra comunidad.
- Por permitir la aplicación de contenidos desarrollados en la escuela para solucionar un problema concreto y real.
- Por permitir el trabajo conjunto desde distintas asignaturas.
- Para fortalecer el trabajo en equipo.
- Para afianzar la relación de la escuela con la comunidad de Junín de los Andes.

✓ **Espacios curriculares donde se llevará a cabo:**

- Taller de electromecánica 6º año.
- Tecnología de fabricación.
- Laboratorio de ensayos industriales.

✓ **Integración de espacios curriculares:**

- Taller electromecánica.
- Hidráulica y máquinas hidráulicas.
- Estática y resistencia de materiales.
- Dibujo y elementos de máquinas.
- Laboratorio de ensayos industriales.
- Proyecto.
- Sección máquinas-herramientas.

✓ **Recursos a utilizar:**

- Bibliografía específica.
- Computadoras e internet.
- Herramientas manuales varias.
- Torno y fresadora convencional.
- Torno y fresadora CNC.
- Agujereadora, amoladora.
- Soldadora eléctrica convencional y MIG.
- Instrumentos de medición y control.
- Pinturas, pinceles.

✓ **Organización del trabajo y sus actividades inherentes**

- A) Información al grupo respecto del proyecto.
- B) Armado del grupo de trabajo.
- C) Estudio del material técnico disponible.

Lectura del material de investigación, charlas con docentes de la escuela etc.

Estas primeras etapas se realizaron durante el mes de marzo y primeros días de abril del corriente año. Se notó el entusiasmo de los estudiantes con la nueva metodología, generándoles a su vez incertidumbre e inseguridad debido a la propuesta didáctica que era nueva para ellos/as

- D) Diseño preliminar, realizando croquis y proponiendo formatos.

Esta etapa se realizó durante abril, en la misma se recopiló información referente a las turbinas hidráulicas, tipos, principio de funcionamiento, etc. Además, se realizaron charlas con profesionales dentro y fuera de la escuela que tuvieran conocimiento que pudieran aportar al proyecto.

E) Diseño y construcción de la estructura.

- Definición de la forma y material a utilizar.
- Construcción de la carcasa.

F) Discos

- Definición del modelo.
- Realización del programa de CNC.
- Fabricación de los mismos.
- Protección anti óxido: cobreado.
- Fabricación de elementos auxiliares: arandelas de dos tipos.

G) Inyector

- Diseño
- Definición del modelo.
- Construcción.
- Prueba
- Terminación.

H) Eje y rodamientos

- Torneado del eje.
- Selección de rodamientos.
- Ensamble de presentación.}
- Colocación

I) Armado de conjunto

- Armado de estructura.
- Armado de rotor con discos y arandelas.
- Montaje general de conjunto.
- Acople directo al generado por medio de un manchón

J) Pintura y terminaciones.

- Pintado de la estructura con esmalte sintético.
- Pruebas de funcionamiento de los componentes por separado. (rotor, rodamientos, inyector,)
- Rediseño e instalación de componentes nuevos, en base a observaciones de funcionamiento.
Esta etapa se está realizando actualmente y aún continua.

K) Prueba de funcionamiento

Se logró concretar el ensayo de funcionamiento, realizando la instalación de la turbina en el laboratorio de hidráulica, con el que la escuela cuenta, conectada a la línea de 3 pulgadas con una reducción a 1 ½", pudiendo realizar en la misma, medición de atura por medio de un manómetro diferencial, el caudal fue tomado por el método del balde variando la frecuencia con el (frecuencímetro) de una de las bombas, y las rpm de la maquina en vacío tomadas desde el eje con un tacómetro

Luego se le acoplo por medio de un manchón de forma directa un generador sincrónico para poder ver el rendimiento de la misma en las condiciones en que se encontraba. El resultado del mismo puede verse reflejado en el informe.

Hasta aquí podemos decir que el equipo se comporta bien, algunos de los objetivos propuestos fueron cumplidos, los alumnxs pudieron ver como lo que se planifico desde lo teórico al inicio del ciclo lectivo pudo ser llevado a la práctica y que el mismo funciono. Los mismos pudieron observar en dichos ensayos los contenidos transversales a la carrera y realizaron una primera evaluación del funcionamiento.

✓ **Personas involucradas**

- MEP de 6º año electromecánica.
- MAEP turno tarde.
- Profesor de Laboratorio de ensayos industriales.
- Profesor de Tecnología.
- MEP en general.
- Alumnos y alumnas.

✓ **Cantidad de alumnos/as que participan:**

- Participan 3 (tres) alumnas y un alumno directamente involucrados en el proyecto, de 6º año electromecánica. Se cuenta con personas dispuestas a colaborar permanentemente.

✓ **Evaluación**

- Se evalúa en forma permanente en los momentos donde se realiza el trabajo.

- Se analizan los errores y aciertos en cada etapa del proyecto.
- Se solicita un informe técnico grupal del trabajo realizado.
- Al terminar el ciclo lectivo se realiza una coevaluación por parte de los/as alumnos/as.

Conclusiones parciales

Como equipo docente, consideramos que el proyecto es muy rico en cuanto a la diversidad de temas y espacios curriculares que abarca, aparte de que, en el camino, buscando el objetivo que se propusieron, van encontrando y adquiriendo, tanto estudiantes como docentes, una gran cantidad de conocimientos relacionados directa o indirectamente con el proyecto.

Pudiendo ir realizando modificaciones sobre la misma en función de poder obtener un óptimo rendimiento del equipo que se pueda aproximar a la expectativa planteada al comienzo de dicho proyecto.

Por último, queremos agradecer:

- A nuestros colegas MEP y docentes de la EPET 4 que colaboraron directa o indirectamente, en especial a Walter Martín y a Rodolfo Huentián.
- A los estudiantes involucrados en el proyecto y a los que colaboraron en el mismo.
- Al equipo directivo, tanto de Taller como de Teoría, por la confianza y libertad depositada sobre nosotros.