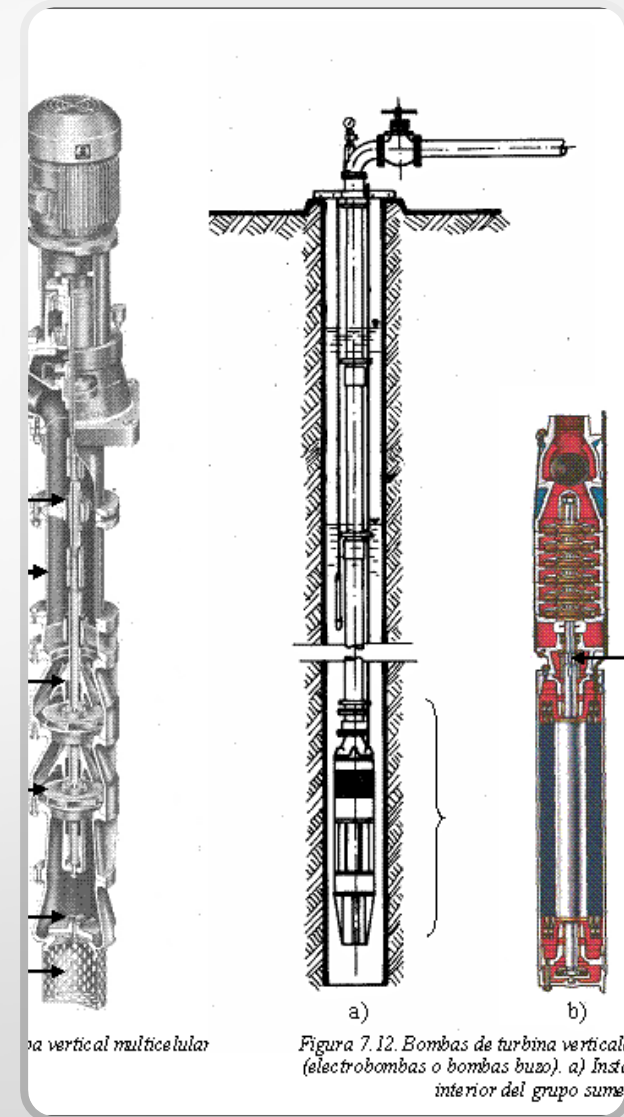


# Comparación de equipos de bombeo turbina eje vertical y sumergibles

Por **SERGIO TERCERO TALAVERA**

ANISA, ENERO DE 2017

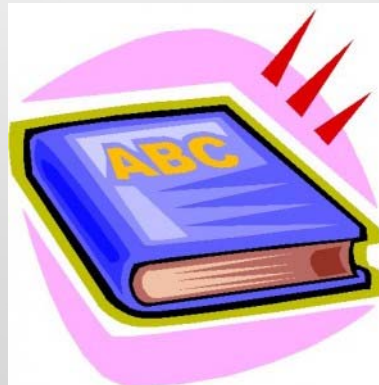


# OBJETIVOS DE ESTE TRABAJO

1. Despejar las dudas propias del autor de este trabajo sobre el uso de equipos de bombeo turbinas de eje vertical vs equipos sumergibles para agua potable en pozos profundos.
2. Proporcionar en un solo documento la mayor información disponible sobre las ventajas y desventajas de ambas tecnologías para pozos profundos.
3. Darle soporte a las conclusiones con la opinión de los expertos nicaragüenses.

# CONCEPTOS BÁSICOS

- En la década de 1980 comenzó a penetrar en el mercado de los sistemas de agua potable urbanos de Nicaragua el uso de las bombas sumergibles, llamadas así por su característica de que el motor de impulsión está sumergido en el agua que ella misma impulsa al sistema de agua potable, contrario a las bombas turbina de eje vertical en las cuales el motor se ubica afuera del pozo, a la intemperie o dentro de una caseta de protección.



# LA PREGUNTA



- A través de los años para los consultores e ingenieros de diseño de la empresa suministradora de agua a las municipalidades la pregunta siempre ha sido la misma:

**¿Usamos una bomba turbina de eje vertical o una bomba sumergible?**

# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- **REVISIÓN DE INTERNET.** Con esta inquietud, pensando en hallar una respuesta a mis propias dudas, procedí a revisar todo lo que pude encontrar en internet en relación al tema del uso, ventajas y desventajas de ambas tecnologías. Como la mayoría de los documentos encontrados fueron escritos en inglés, me tomé la libertad de traducirlos para su presentación en este trabajo.
- **CONSEJO DE EXPERTOS.** Además, se me vino a la mente la idea de que también deberíamos escuchar a los ingenieros electromecánicos nicaragüenses que poseen una amplia y reconocida experiencia en este ramo.

# FUENTE DE INFORMACIÓN DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES

- En el campo de los motores sumergibles, son cuatro las marcas más reconocidas en Nicaragua: Franklin, Hitachi, Pleuger y Grundfos.
- De estas cuatro marcas, solamente se encontró información comparativa entre ambas tecnologías documentada por el fabricante Franklin Motors.
- Además, Pleuger, por su lado, presenta las ventajas de sus motores sumergibles, y Grundfos, con su marca Peerless, indica las aplicaciones en las cuales es apropiado el uso de las bombas verticales sumergibles.

# BOMBAS TURBINAS DE EJE VERTICAL

- En relación con las bombas turbinas de eje vertical, son reconocidas en Nicaragua las bombas Worthington, Jacuzzi (marcas ya desaparecidas del mercado), Goulds, J-Line, Peerless (actualmente es marca de Grundfos), Floway, Sta-Rite.
- El fabricante Peerless Pumps Company tiene una publicación muy ilustrativa sobre ambas tecnologías.
- No se encontró ningún documento de Goulds, quien fabrica equipos completos de bombas de eje y sumergibles, en el cual compare ambas tecnologías.
- National Pumps, que también ofrece ambas tecnologías de bombas turbinas de eje y sumergibles, sí establece las aplicaciones en las cuales es ventajoso el uso de las bombas sumergibles.

# VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES Y LAS BOMBAS DE EJE VERTICAL

- En la internet, proveniente de los fabricantes de bombas y de la empresa Roscoe Moss, fabricante de tuberías de pozos, se encuentra la siguiente [información](#).
- Las ventajas y desventajas de ambas tecnologías se muestran en el [resumen](#).
- Tratar de entresacar las bondades de una y otra tecnología dentro de tanta información, algunas veces contradictoria, sin tener que copiar todo lo que dicen los fabricantes, es una tarea un poco difícil; sin embargo, a mi juicio, se pueden destacar las siguientes ventajas en cada una de ellas:





# VENTAJAS DE LAS BOMBAS SUMERGIBLES

1. Son silenciosas.
2. Son apropiadas para pozos muy profundos.
3. La desviación de los pozos no les afecta.
4. La inversión inicial es más baja.
5. Afectan menos el paisaje.
6. Se encuentran desde diámetros de 3" hasta mucho mayores.



# VENTAJAS DE LAS BOMBAS TURBINAS DE EJE VERTICAL

1. Se logran mayores eficiencias de los motores (eficiencia Premium).
2. Se logran mayores eficiencias de las bombas.
3. Los motores son rebobinables en los talleres de la industria nacional.
4. Los motores son más resistentes a las variaciones de voltaje.
5. Las bombas pueden ser accionadas con un generador eléctrico, un motor eléctrico vertical u horizontal o por un motor de combustión interna, con la opción de tener instalados dos tipos de motores para cubrir las emergencias.



# CONCLUSIÓN PRELIMINAR

1. Hasta aquí no me ha sido posible llegar a una conclusión definitiva de poder decir con absoluta propiedad que, teniendo la posibilidad de utilizar una u otra tecnología de equipos de bombeo, una de ellas es la más apropiada, pues simplemente son diferentes; pero preliminarmente considero lo siguiente:



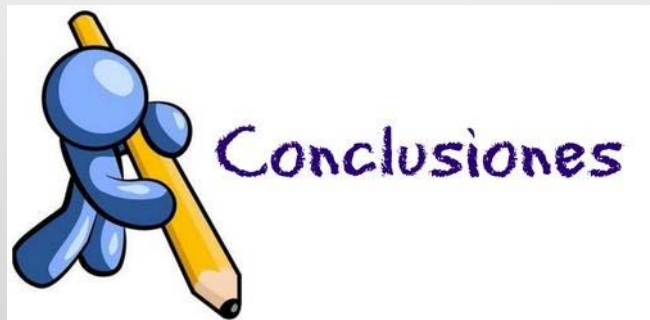
# CONCLUSIÓN PRELIMINAR

2. Si, por ejemplo, la profundidad del pozo fuera menor de 500 pies con el NEA a 150 – 200 pies, sin dudarlo, yo escogería una bomba turbina de eje vertical, por ser más robusta, que se tiene la facilidad de poder rebobinar el motor varias veces, se obtienen mejores eficiencias de la bomba y del motor, aunque sea quizá un poco más cara la inversión inicial.
3. En cambio, si tuviera que escoger un equipo de bombeo para la meseta caraceña o para Masaya, por ejemplo, con el NEA a 500 pies y profundidades del pozo de 700 – 1200 pies o más, me parece más lógico seleccionar una bomba sumergible, que sería más económica y se evitaría el riesgo de las fallas del eje por falta de lubricación de las chumaceras o por su rompimiento por efecto de la desviación del pozo.

# CONCLUSIÓN PRELIMINAR

- Sobre el rebobinado, recomiendo leer un estudio completo en la siguiente dirección:

[EASA\\_AEMT\\_RewindStudy\\_Spanish\\_1203-0316 \(1\).pdf](#)



# RESULTADOS DEL ESTUDIO DE REBOBINADO DE MOTORES

**Grupo A** Seis motores de bajo voltaje [100-150 hp (75-112 kW)], rebobinados una vez. No se utilizaron controles específicos en los procesos al desmantelarlos a una temperatura de quemado de 660°F (350°C) y al rebobinarlos.

**Resultados:** Inicialmente se observó un cambio en la eficiencia promedio del **-0.6%** después de 1 rebobinado (rango **-0.3 a -1%**).

No obstante, dos motores que presentaron las mayores reducciones de eficiencia, habían sido re-lubricados durante el montaje, lo que incrementó las pérdidas por fricción.

Después de corregir esto, la **eficiencia promedio cambió al -0.4%** (rango **-0.3 a -0.5%**).

**Grupo B** Diez motores de bajo voltaje [60-200hp (45-150 kW)], rebobinados una vez. Se utilizaron controles específicos en sus procesos, al desmantelarlos a una temperatura de quemado de 680°F - 700°F (360°C-370°C) y al rebobinarlos.

**Resultados:** La **eficiencia promedio cambió en -0.1%**(rango **+0.2 a -0.7%**).

Posteriormente se encontró que un motor tenía aislamiento el inter-laminar defectuoso de fábrica. Omitiendo el resultado de este motor, la **eficiencia promedio cambió al -0.03%** (rango **+0.2 a -0.2%**).

**Grupo C** Motores de bajo voltaje rebobinados más de una vez. Procesos controlados de desmantelado y rebobinado. Procesos de desmantelado y rebobinado controlados.

**Grupo C1.** Cinco motores de bajo voltaje [100-200hp (75-150 kW)], rebobinados dos o tres veces. Se utilizaron controles específicos en sus procesos, al desmantelarlos a una temperatura de quemado de 680°F - 700°F (360°C - 370°C) y al rebobinarlos.

**Resultados:** Después de rebobinarlos tres veces (tres máquinas) y dos veces (dos máquinas), la **eficiencia promedio cambió al -0.1%**(rango **+0.6 a -0.4%**).

**Grupo C2.** Dos motores de bajo voltaje [7.5 hp (5.5 kW)] procesados tres veces en el horno y rebobinados una vez. Se utilizaron controles específicos en sus procesos al desmantelarlos a una temperatura de quemado de 680°F - 700°F (360°C - 370°C) y al rebobinarlos.

**Resultados:** La **eficiencia promedio cambió al +0.5%** (range **+0.2 to +0.8%**).

**Grupo D** Un motor de media tensión [300 hp (225 kW/3.3 kV)] con bobinas formadas (pletina), rebobinado una vez. Se utilizaron controles específicos en sus procesos, al desmantelarlos a una temperatura de quemado de 680° F - 700° F (360° C - 370° C) y al rebobinarlo.

**Resultados:** La **eficiencia cambió al -0.2%**. El comportamiento de este motor fue similar al de las máquinas de baja tensión rebobinadas con controles específicos.

# ¿QUÉ NOS DICEN NUESTROS EXPERTOS NICARAGÜENSES?

- En el interés de no dejar, por un lado, únicamente lo que dicen los fabricantes de equipos de bombeo, que son expertos y fuertes en defender sus productos, dejando al otro lado mi sola opinión, decidí invitar a este análisis a tres amigos míos, ingenieros prestigiosos en el ramo de la electromecánica, electricidad y electrónica, con amplias experiencias en el campo de la electromecánica y, particularmente, en los equipos de bombeo, habiéndose convertido en verdaderos expertos en equipos de bombeo.
- Ellos son los ingenieros **Félix Estrada, Jairo Ruiz y Sinforoso Cruz**, quienes aceptaron la invitación y a quienes les hice las siguientes preguntas, por separado y sin anticiparles la información que yo tenía:

# PREGUNTAS A LOS EXPERTOS

## ENTREVISTADOS

1. ¿Cuál es su profesión?
2. Cuántos años de experiencia tiene usted en la selección, operación y mantenimiento de equipos de bombeo?
3. ¿En qué condiciones considera usted que los equipos de bomba sumergible son más ventajosos que los equipos de bomba turbina de eje vertical?
4. ¿Cuáles son para usted las mayores ventajas de los equipos de bombeo sumergibles?
5. ¿Cuáles son para usted las mayores ventajas de los equipos de bombeo con bombas de eje vertical?
6. ¿En qué condiciones usted consideraría aceptable usar indiferentemente uno u otro?



# ENTREVISTA CON EL ING. FÉLIX ESTRADA



- PROFESIÓN: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO Y ELÉCTRICO.
- CARGO ACTUAL: GERENTE DE PROYECTOS DE LA EMPRESA AQUATEC, S.A.
- EXPERIENCIA PROFESIONAL: MÁS DE 30 AÑOS EN EL CAMPO Y GABINETE EN EL RAMO DE LA CONSTRUCCIÓN DE ARRANCADORES, SELECCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES. TRABAJÓ 10 AÑOS EN LA EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ENACAL) COMO JEFE DE LA DIRECCIÓN DE ELECTROMECAÁNICA A NIVEL NACIONAL.

# COMPARACIÓN ENTRE EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES. Ing. Félix Estrada

1. El ingeniero Félix Estrada considera que no hay comparación posible entre una bomba turbina vertical y un equipo sumergible para el suministro de agua potable de pozos profundos en el área centroamericana.
2. La turbina vertical es “robusta”, diseñada para soportar las descargas atmosféricas, fluctuaciones energéticas
3. se pueden lograr mejores eficiencias que con las bombas sumergibles, lo que permite un mayor ahorro de energía, con motores de eficiencia Premium;
4. los motores son rebobinables, que, aunque pierden eficiencia en cada devanado, resuelven la situación operativa, porque se puede seguir explotando por más de 10 años, mientras que en ese mismo período podría requerirse el cambio de 3 motores sumergibles.

## COMPARACIÓN ENTRE EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Félix Estrada).

5. En cambio, los equipos sumergibles prácticamente tienen motores descartables (aunque sean rebobinables, porque no existe esa tecnología en Nicaragua), que tendrán que ser reemplazados en el término de 2 a 5 años;
6. Su enemigo mortal es la inestabilidad de la energía eléctrica, sobre todo cuando están ubicados en la cola de los circuitos de alimentación eléctrica, tal es el caso de los acueductos rurales;
7. Son equipos que no pueden ser operados continuamente para llenar el requerimiento de los sistemas de agua potable, porque se recalientan los motores y hay un desgaste mecánico que afecta los cojinetes axiales, a pesar de todas las precauciones que se puedan tomar; el amperaje del motor se reduce con el tiempo debido al desgaste.

## COMPARACIÓN ENTRE EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Félix Estrada).

8. Sobre la operación y el mantenimiento de los equipos de bombeo, él afirma que no existe un sistema confiable al 100%; pero es mejor el de turbina vertical.
9. Es recomendable llevar una bitácora de lo que sucede en la estación de bombeo para poder diagnosticar y efectuar el mantenimiento preventivo a fin de incrementar la vida del equipo.
10. La cultura de la prevención en nuestro medio todavía no ha penetrado al nivel que debe ser para preservar y extender la vida útil de los equipos.
11. El mantenimiento de las instalaciones eléctricas, desde el banco de transformadores es fundamental.

## USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Félix Estrada).

1. Los diseñadores de estaciones de bombeo de pozos deberían recurrir al uso de equipos sumergibles solamente cuando sea imposible utilizar los equipos turbina de eje vertical.
2. El ingeniero Estrada recomienda que los equipos turbina vertical sean utilizados para profundidades hasta de 500 pies, aunque él los ha instalado hasta a 600 pies, porque a profundidades mayores el peso de los equipos es perjudicial para la operación, siendo preferible utilizar equipos sumergibles.
3. Anteriormente, esto se resolvía con equipos turbina de eje vertical lubricados por aceite; pero esta tecnología dejó de usarse hace más de 15 años en los sistemas de agua potable de Nicaragua por la contaminación del aceite que se acumulaba en el agua.

# ENTREVISTA CON EL ING. JAIRO RUIZ CALDERÓN



- PROFESIÓN: INGENIERO ELÉCTRICO.
- CARGO ACTUAL: GERENTE DE PROYECTOS DE LA EMPRESA TECNICA McGREGOR, S.A.
- EXPERIENCIA PROFESIONAL: 27 AÑOS, DE LOS CUALES 12 HAN SIDO EN EL SECTOR PÚBLICO (ENACAL) Y 15 EN LA EMPRESA PRIVADA (HAZAMA CORPORATION, TECNICA McGREGOR), CON EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE, AGUAS RESIDUALES Y SISTEMAS CONTRA INCENDIO.

# COMPARACIÓN ENTRE LOS EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Jairo Ruiz).

1. Los equipos sumergibles son para pozos arriba de 500 - 600 pies de profundidad, pues es más fácil el mantenimiento. Ellos son buenos; pero requieren un buen sistema de protección para evitar que se quemara el motor para garantizar 5 años de operación.
2. Las protecciones son eficientes; pero frente a la inestabilidad de la energía eléctrica, las protecciones paran el motor, produciéndose interrupciones frecuentes del suministro de agua, lo cual es un serio inconveniente para los usuarios. Los arranques y paros continuos reducen la vida útil de los motores sumergibles hasta en un 50%.
3. Estas interrupciones inducen a que los técnicos **"puenteen"** esas protecciones, dejándolas por fuera, para lograr mayores tiempos de operación, lo que a la larga termina quemando el motor al haber eliminado dicha protección.

## COMPARACIÓN ENTRE LOS EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Jairo Ruiz).

4. Los equipos turbinas de eje vertical son más robustos, fácilmente pueden operar 10 años sin problemas; ellos resisten más las irregularidades del sistema eléctrico y tienen la ventaja de que si se daña el motor, sólo se quita, se le da el mantenimiento correspondiente, se rebobina si es necesario y se vuelve a instalar, reactivando el sistema de agua potable, sin que sea necesario sacar todo el equipo. Ellos pueden operar continuamente sin ningún problema.
5. En realidad, todos los equipos eléctricos pueden trabajar las 24 horas continuas si tienen el ambiente de temperatura controlado que les evite el sobrecalentamiento y que tengan el menor número de pares y arranques.
6. La selección entre una bomba turbina de eje vertical y una bomba sumergible la determina la profundidad del nivel de operación del pozo. Las turbinas de eje vertical lubricadas por agua son la solución inobjetable para pozos con nivel freático de 200 – 300 pies.



# USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Jairo Ruiz).

1. Opina el Ing. Jairo Ruiz que al escoger entre ambas tecnologías, los equipos sumergibles son la opción No.1 para los pozos con niveles de bombeo arriba de 400 pies, pues a esas profundidades los equipos turbina de eje vertical tendrían que ser del tipo lubricadas por aceite que son mucho más caros, requieren más mantenimiento y tienen el riesgo de que una falla en el sistema de lubricación, por negligencia del operador o por deficiencia mecánica, puede causar la acumulación de grandes cantidades de aceite sobrenadante en el agua y afectar, consecuentemente, el suministro de agua potable a la población usuaria.

## USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Jairo Ruiz).

2. Las turbinas de eje vertical son para velocidades de 1,800 RPM. En cambio, las sumergibles operan a 3,600 RPM, lo cual les permite llenar los requerimientos de carga y caudal, con un menor diámetro de los tazonos y, consecuentemente, menor diámetro de los pozos.
3. En Nicaragua, en el sector de El Crucero, el ingeniero Jairo Ruiz tuvo la experiencia de conocer un equipo sumergible de 60 etapas y caudal de 30 gpm, 60 HP, Ø4", funcionando con nivel estático del agua a 1,600 pies, con un sistema de protección eficiente.
4. Si se posee una buena protección del motor, no importa la profundidad a la cual se instale el motor; pero permanece el inconveniente de sus paros y arranques frecuentes.

# ENTREVISTA CON EL ING. SINFOROSO CRUZ MOLINA



- PROFESIÓN:  
INGENIERO ELÉCTRICO.
- CARGO ACTUAL: RESPONSABLE DE MANTENIMIENTO DE ESTACIONES DE BOMBEO DE LA PTAR MANAGUA.
- EXPERIENCIA PROFESIONAL: 27 AÑOS, DE LOS CUALES 7 HAN SIDO EN EL SECTOR PÚBLICO (ENACAL) COMO JEFE DE ELECTROMECAÁNICA DEL ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE MANAGUA, Y 20 AÑOS EN LA EMPRESA PRIVADA (TECNICA McGREGOR y BIWATER).

# COMPARACIÓN ENTRE LOS EQUIPOS DE BOMBEO TURBINA DE EJE VERTICAL Y EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Sinforoso Cruz).

1. El ingeniero Cruz dice que en Nicaragua los equipos turbina vertical fueron los primeros en ser utilizados. De éstos, los lubricados por agua se utilizaron para pozos con profundidades de 300 pies y con columnas hasta de 200 pies aproximadamente. A profundidades mayores, hasta 1000 pies, se utilizaron los equipos turbina de eje vertical lubricados por aceite.
2. Luego entraron al mercado los equipos sumergibles como una mejor opción frente a los equipos lubricados por aceite, que siempre estaban sujetos al daño prematuro causado por la quiebra de los ejes y desgaste de las chumaceras causados por la desviación de los pozos, los cuales prácticamente por este hecho salieron del mercado. Los equipos sumergibles son tan buenos como los equipos turbinas de eje vertical, siempre y cuando posean las protecciones requeridas para el control de la temperatura y las variaciones del suministro eléctrico.
3. El rebobinado de un motor eléctrico, en general, puede costar alrededor del 30% de su valor de adquisición.

# USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Sinforoso Cruz).

1. Los equipos sumergibles podrían ser utilizados igual que las bombas turbinas de eje vertical en cualquier condición de operación; sin embargo, su limitante fundamental es la calidad del suministro eléctrico en nuestro medio, que no garantiza su estabilidad dentro de un rango igual al de los parámetros internacionales.
2. Esta situación real no permite una operación continua de este tipo de equipos, dado que las protecciones eléctricas (cuando están funcionando de acuerdo a las recomendaciones del fabricante) vuelven intermitente la operación.

## USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Sinforoso Cruz).

3. La gran ventaja de los equipos sumergibles es que, al ser operados por motores de 2 polos, que giran a 3600 RPM, ellos permiten llenar los requerimientos de caudal y carga con un menor diámetro de los tazones que los de una bomba de eje vertical, lo cual se refleja a su vez en que los pozos sean de menor diámetro.
4. Por ejemplo, si una condición de caudal y carga, para una bomba turbina de eje vertical demanda tener un pozo de 18", en la bomba sumergible el pozo será de 12" a 14", con motores de 8".
5. Pero, por otra parte, esta doble velocidad provoca más desgaste en el sumergible que en el de eje vertical.

## USO DE LA TECNOLOGÍA DE EQUIPOS SUMERGIBLES (Ing. Sinforoso Cruz).

6. Las bombas para aguas residuales es un mundo aparte, pues son equipos sumergibles fuertes como los Flygt, Grundfos y otros, que tienen larga duración. En la PTAR de Managua ya hay equipos con 7 años de operación, sin ningún problema.
7. En la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) se tuvo la experiencia de rebobinar motores sumergibles, sobre la base de una capacitación recibida en la fábrica de motores HITACHI en EUA. La experiencia fue positiva; pero fue descontinuada con el cambio de la administración de ENACAL en determinado momento.

# COINCIDENCIA Y DIFERENCIA DE OPINIONES DE LOS EXPERTOS (Ings. Estrada, Ruiz y Cruz)

1. Prácticamente, los tres expertos consultados coinciden en afirmar que ambas tecnologías son buenas, por lo cual esto no es el problema para su selección.
2. El problema radica en la calidad del suministro de energía eléctrica, que es el enemigo mortal de los equipos sumergibles y/o que impide la continuidad en su operación.
3. Las diferencias de opinión entre los expertos está en la profundidad del agua a la cual los equipos sumergibles son la mejor opción. Van desde 200 hasta 600 pies.



# CONCLUSIONES FINALES

## (Sergio Tercero Talavera)



1. Ambas tecnologías son aplicables para bombear agua de pozos profundos, siempre y cuando se cuente con un suministro de energía eléctrica estable y con un sistema de protección eléctrico confiable.
2. La inestabilidad del suministro eléctrico es la causa principal de la falla de los motores sumergibles y no permite la operación continua de los equipos sumergibles.
3. En Nicaragua, debido a la inestabilidad del suministro de energía eléctrica, los equipos de bombeo sumergibles deben ser utilizados solamente en los casos en que las condiciones de operación no permitan utilizar equipos de bombeo turbinas de eje vertical.
4. Los equipos sumergibles son la mejor opción para niveles de bombeo superiores a los 500 pies en pozos profundos.



GRACIAS

ANISA – HOLIDAY INN – 27 DE ENERO DE 2017