

27-28/22
OCTUBRE

Extracción de
agua subterránea:

Retos y soluciones de los grupos electrobomba

Mejora del rendimiento en
electrobombas para agua
subterránea
utilizando variadores de
frecuencia

- *Francisco Javier Elorza Tenreiro*
- *Pablo Reina Peral*
- *Alberto Ramos Millán*



POLITÉCNICA



ESC. E. TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE MINAS Y ENERGÍA



ATECARM

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE TECNOLOGÍAS
DEL AGUA DE LA REGIÓN DE MURCIA



Federación Regional
de Cronometreros del Petróleo
MURCIA

Contexto: Suministro de Energía en Bombeos



Effects of electric pumps on farm-level agricultural production and groundwater use in West Bengal

- Marie-Charlotte Buisson, Soumya Balasubramanya, David Stifel

International Association of Energy Economics
43rd Conference
7 June 2021

Concurrent Session 17: Climate Change Mitigation - Case Studies

Innovative water solutions for sustainable development

Food · Climate · Growth



POUTÉCNICA



Take away messages

The Journal of Development Studies, 2021
<https://doi.org/10.1080/00220388.2021.1906862>



Electric Pumps, Groundwater, Agriculture and Water Buyers: Evidence from West Bengal

MARIE-CHARLOTTE BUISSON *, SOUMYA BALASUBRAMANYA *
& DAVID STIFEL **

*International Water Management Institute-UGIAR, Pelawatte, Sri Lanka, **Department of Economics, Lafayette College, Easton, PA, USA

(Original version submitted August 2020; final version accepted March 2021)

ABSTRACT Irrigation with electric pumps is cheaper than with diesel pumps in West Bengal where electricity and diesel are unsubsidized, and where pump owners typically irrigate their winter rice crop and often sell water to farmers who do not own pumps. Using purposefully selected primary data, we examine whether electric-pump owners have greater water access and rice production during the monsoon and winter seasons compared to diesel-pump owners and water buyers. We also examine whether electric pump owners provide greater access to irrigation services through water sales. We find that electric-pump ownership increased agricultural outputs, both at the extensive and intensive margins in both seasons. The number of clients served by electric-pump owners was greater than those served by diesel pump owners, but there was only a small difference in total irrigated areas, suggesting that electric pump owners sell water to farmers with smaller land holdings. The evidence indicates that in an environment where inadequate irrigation has been one of the factors constraining agriculture, electric pumps have the potential to support agricultural growth and generate pro-poor side effects.

1. In an environment where inadequate irrigation has been one of the factors constraining agriculture, electrification of irrigation has the potential to **support agricultural growth and generate pro-poor side effects**:
 - Electric-pump owners benefitting from cheaper irrigation cultivated larger areas of monsoon and winter rice, and irrigated plots a greater number of times and for longer durations than diesel pump owners.
 - Monsoon rice yields and value added were higher for electric pump owners than diesel pump owners.
 - Electric-pump owners sold water to farmers with smaller land holdings than diesel-pump owners did.
2. A **one-time fixed cost subsidy is an efficient alternative to energy tariff subsidies** that are applied in most Indian states (major financial burden on governments + risk of groundwater resources depletion).
3. **Solarization of irrigation** would potentially yield the same type of welfare effects plus helps mitigating climate change.

1. Context – Agricultural growth in West Bengal

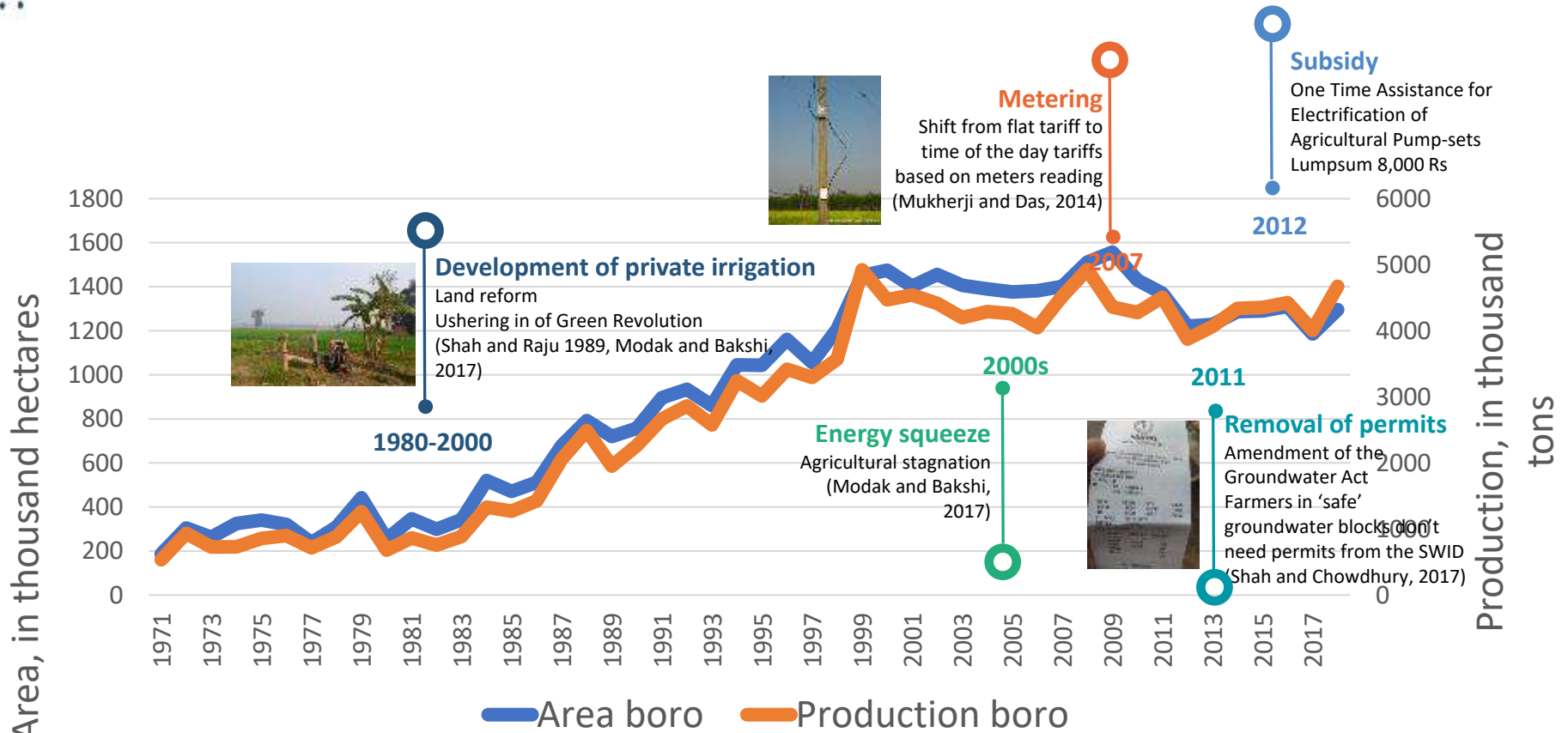


Fig 1 - Area and production of winter rice (boro)

1. Context - Electrification of agricultural tubewells

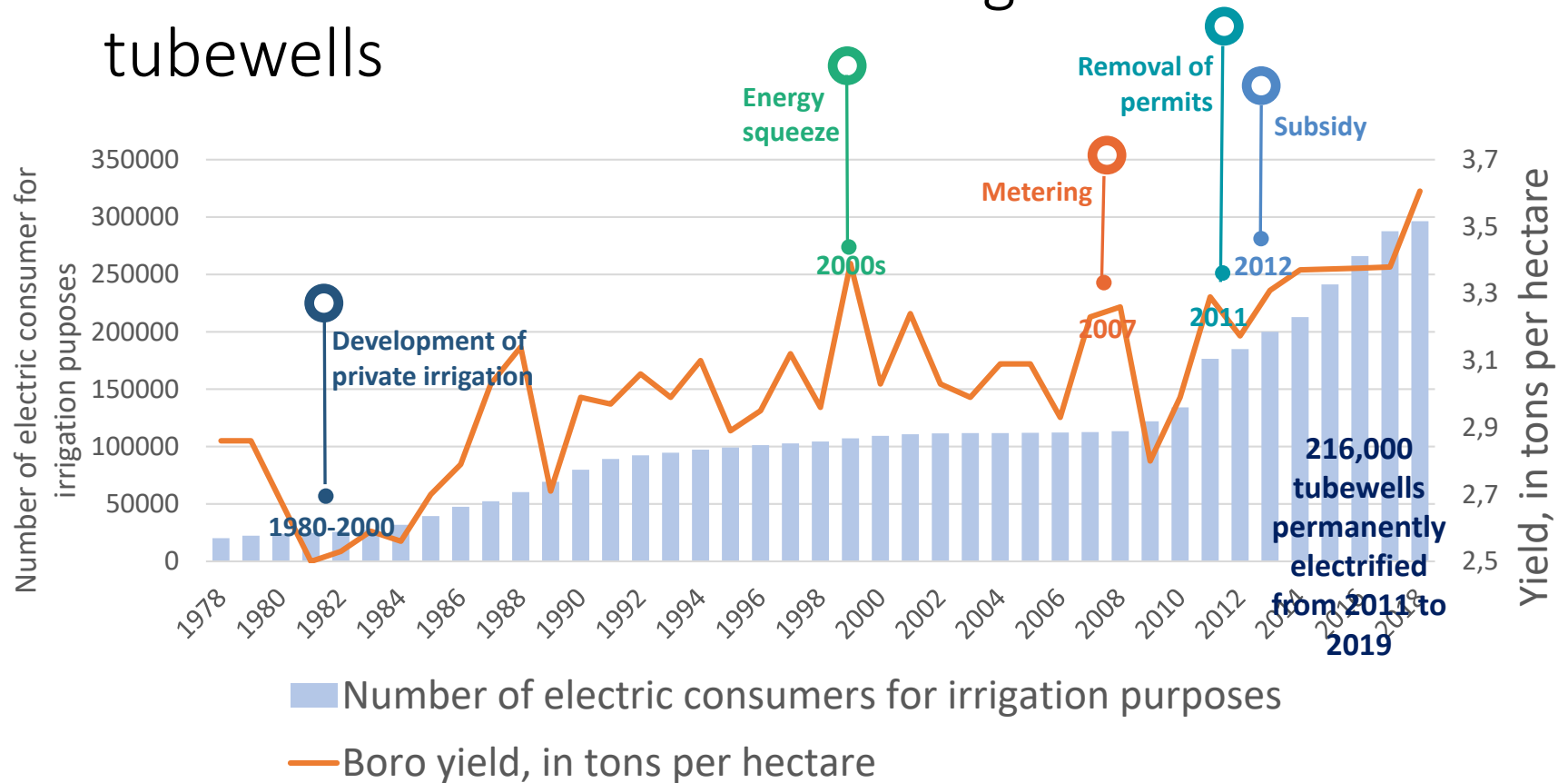


Fig 2 - Number of shallow tubewells permanently electrified and yields of winter rice (*boro*)

2. Research question and conceptual framework

Two hypothesis: (a) **Electric pumps affect agricultural outcomes of pump owners.**
(b) **Electric pumps benefit to non-pump-owners through water market.**

- Electrified pumps considered as a **composite good**
- Attributes as compared to diesel pumps

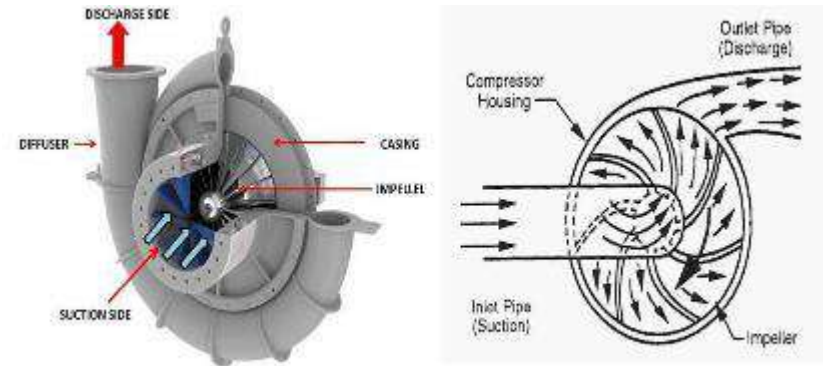
- **Lower operational cost**
- Lower repair and maintenance cost
- Less labor intensive
- Higher energy efficiency
- Permanently fixed



- **Direct effect** on pump owner's agricultural outcomes:
 - Agricultural choices: cropping intensity, cropping patterns
 - Profitability of the farm: yields, value added
 - Irrigation practices
- **Indirect effect** on water buyers



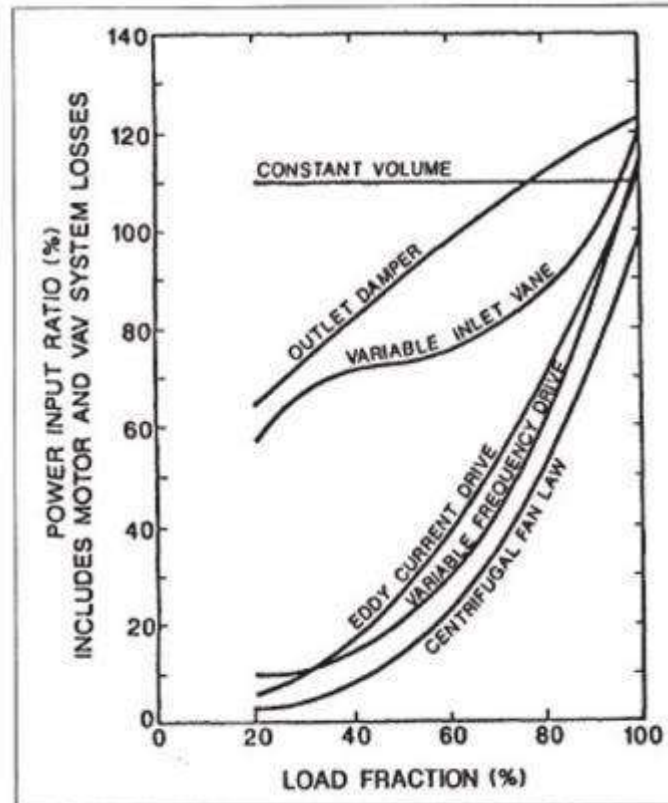
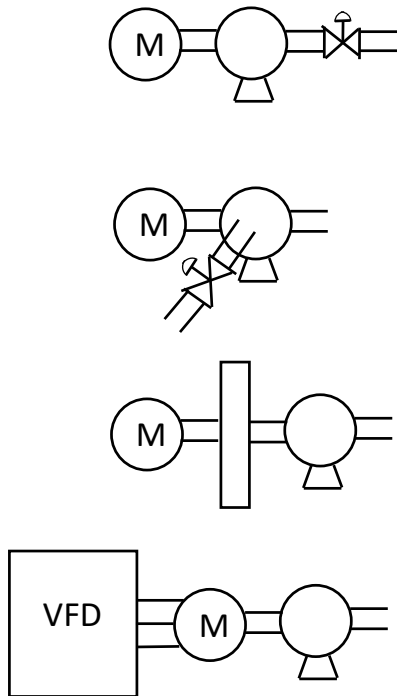
Bases técnicas de las Aplicaciones Centrífugas



CENTRIFUGAL COMPRESSOR

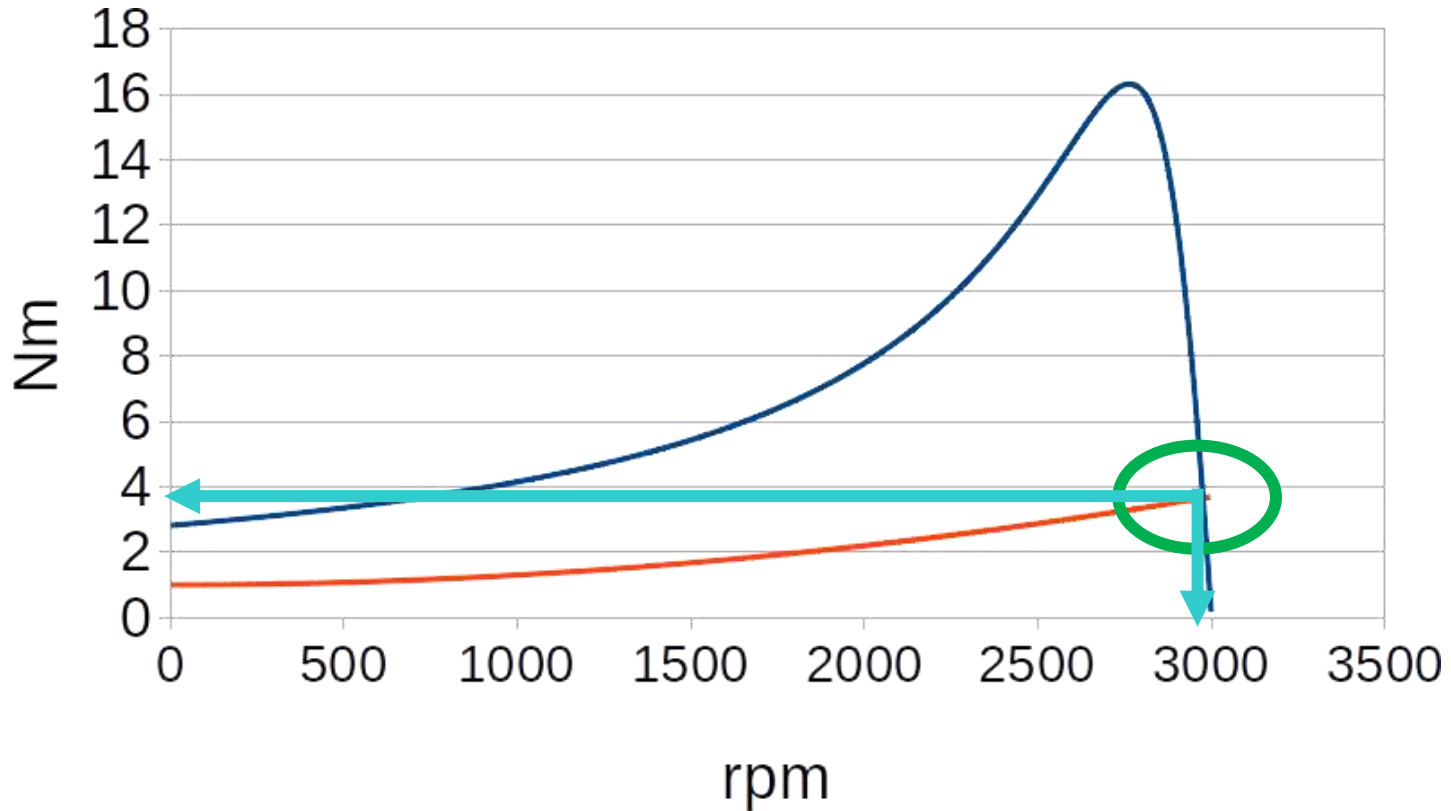
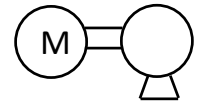


Ley de afinidad en aplicaciones centrífugas y axiales



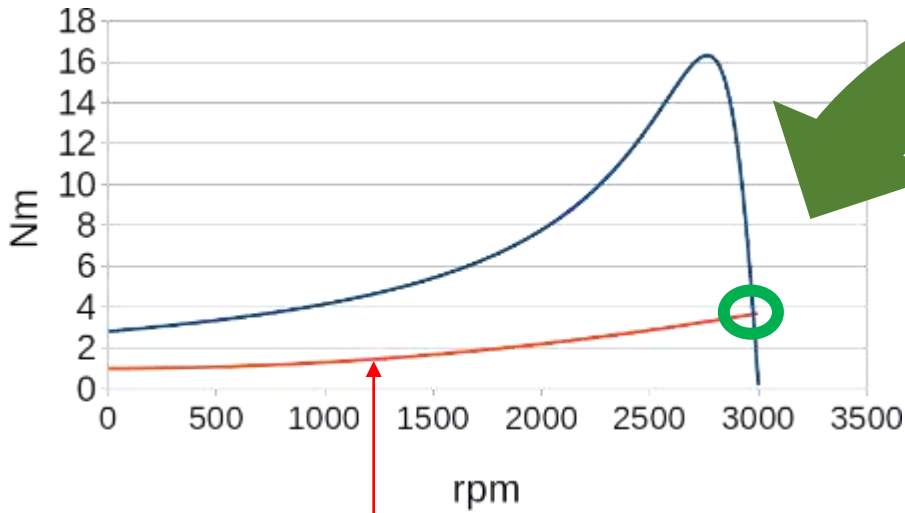
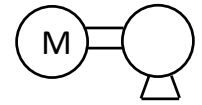
Source: Moses Et Al 1989

Curva Par – Velocidad motor vs carga

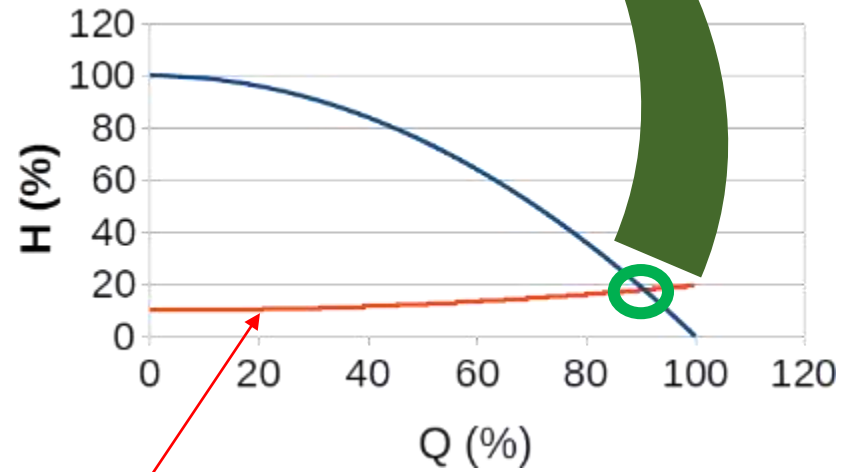


Source: Own

Curva de Control Mecánico Par – Velocidad



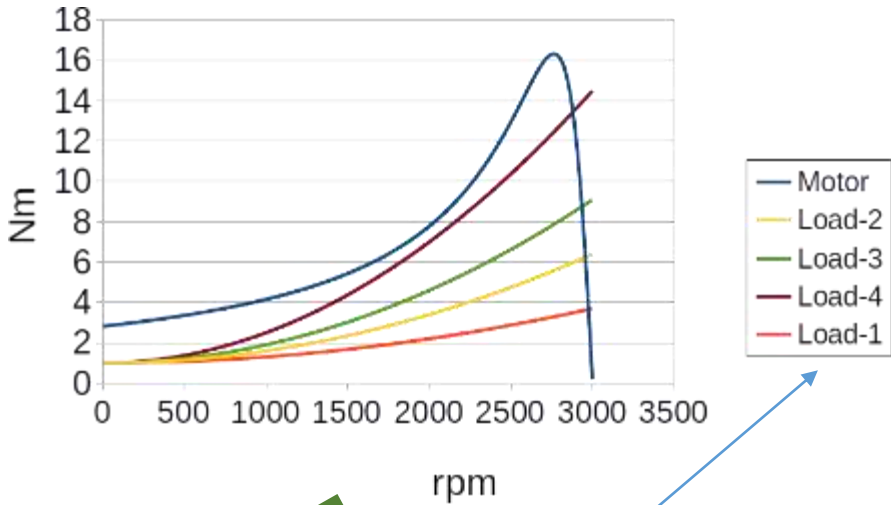
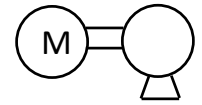
Curva de carga mecánica de la bomba



Curva de carga hidráulica

Source: Own

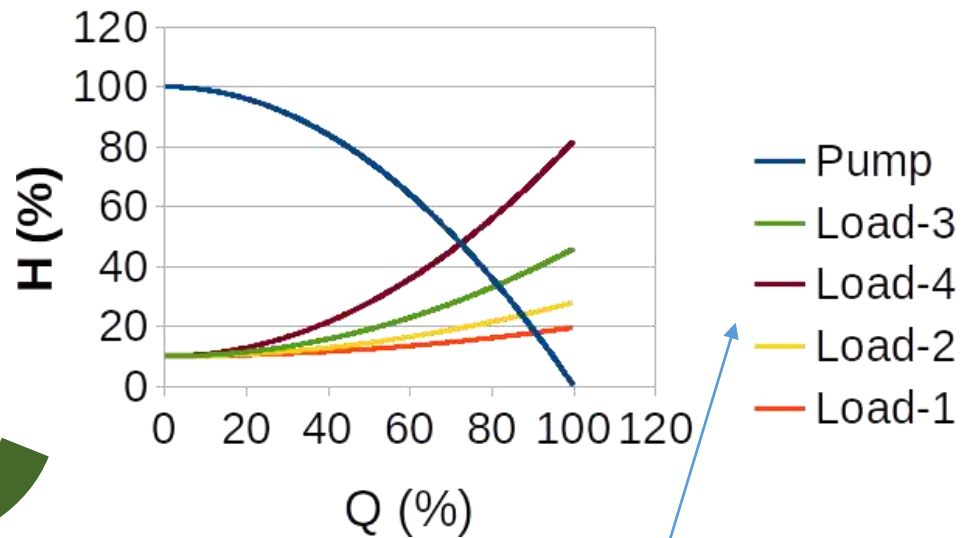
Curva de Control Mecánico Par – Velocidad



$$H_f = f \cdot L / D \cdot v^2 / 2 / g$$

$$+$$

$$H_f = k \cdot v^2 / 2 / g$$

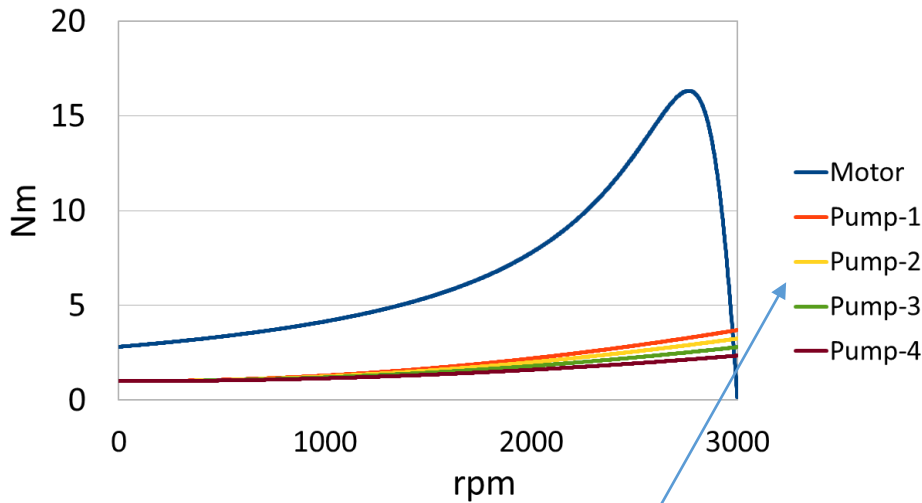
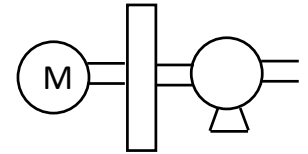


Necesidades mecánicas de la bomba al regular mecánica el circuito hidráulico

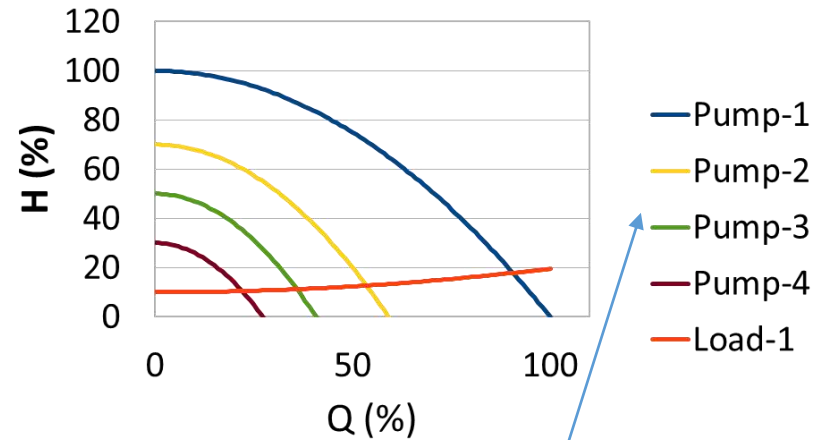
Incremento de la carga hidráulica al regular mecánicamente la bomba

Source: Own

Curva de Control con el Eje de la Bomba Par - Velocidad



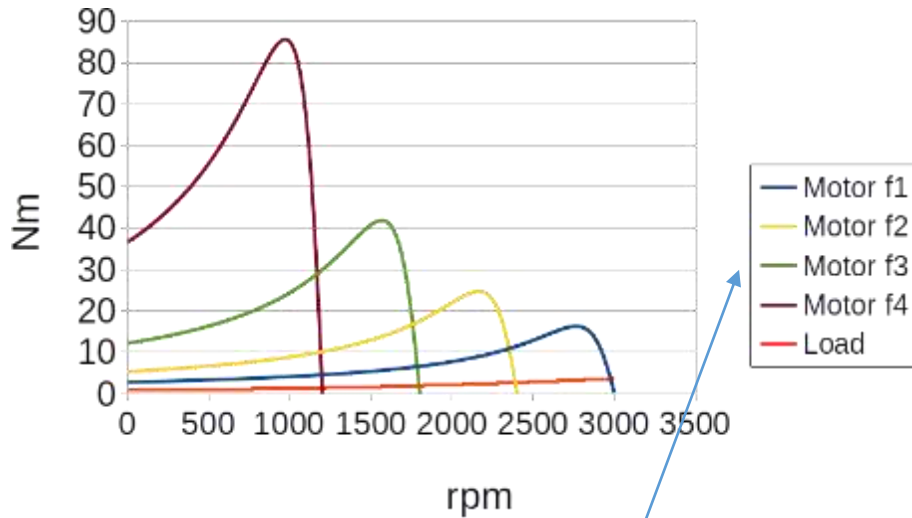
No cambia la velocidad de giro del motor



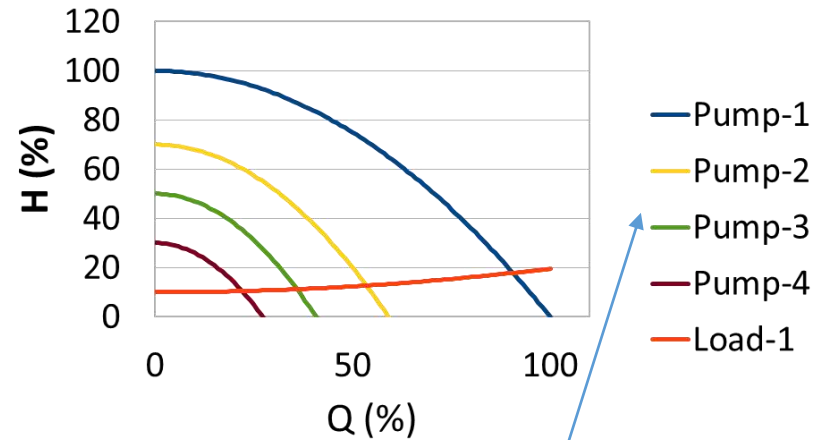
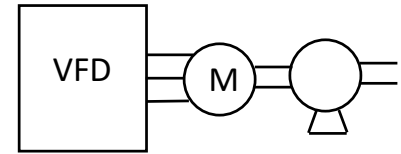
Source: Own

Para el mismo circuito hidráulico, se regula la velocidad de giro de la bomba

Curva de Control Par – Velocidad con VFD



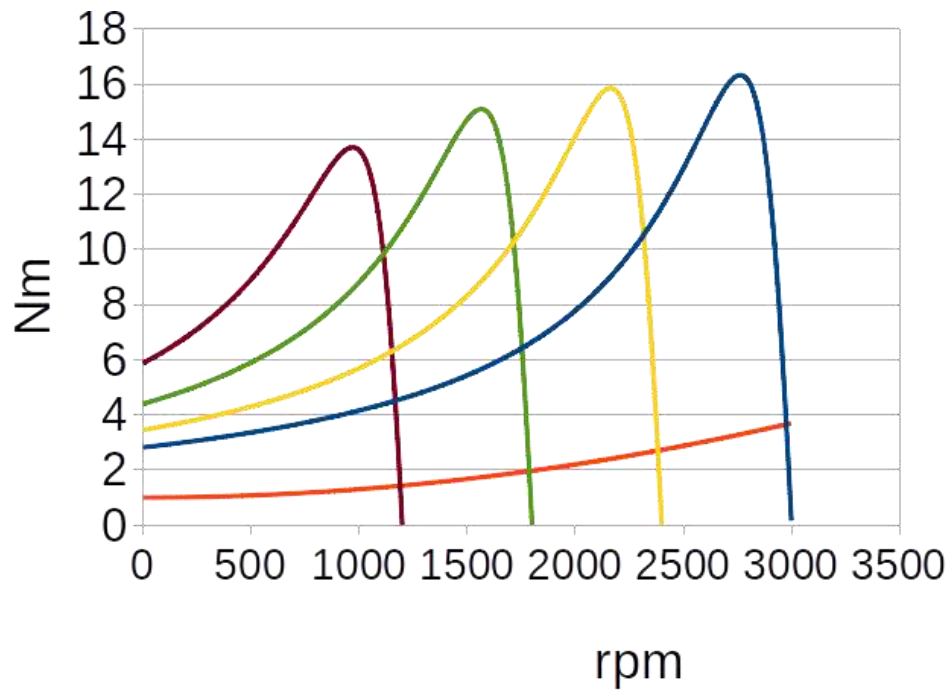
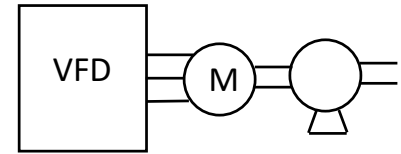
No cambia la velocidad de giro del motor, mediante cambio de frecuencia



Para el mismo circuito hidráulico, se regula la velocidad de giro de la bomba

Source: Own

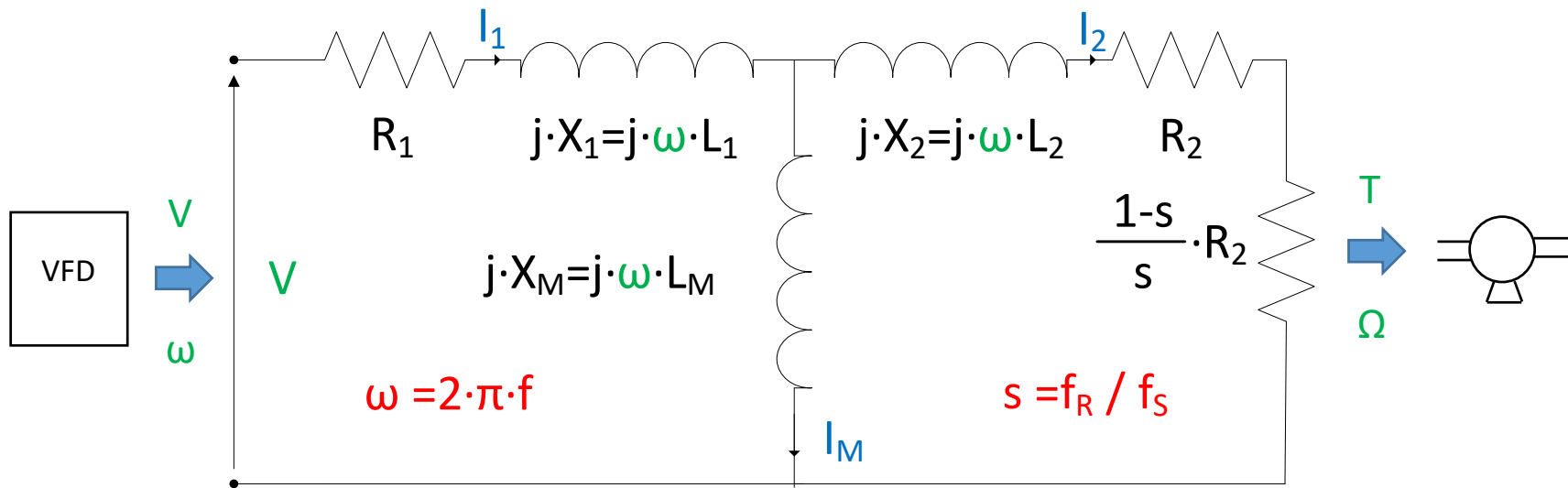
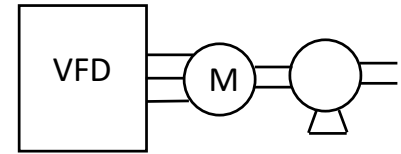
Curva de Control Par – Velocidad con VFD



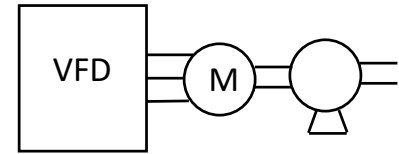
$$\frac{U}{f} = \text{Constant}$$

Source: Own

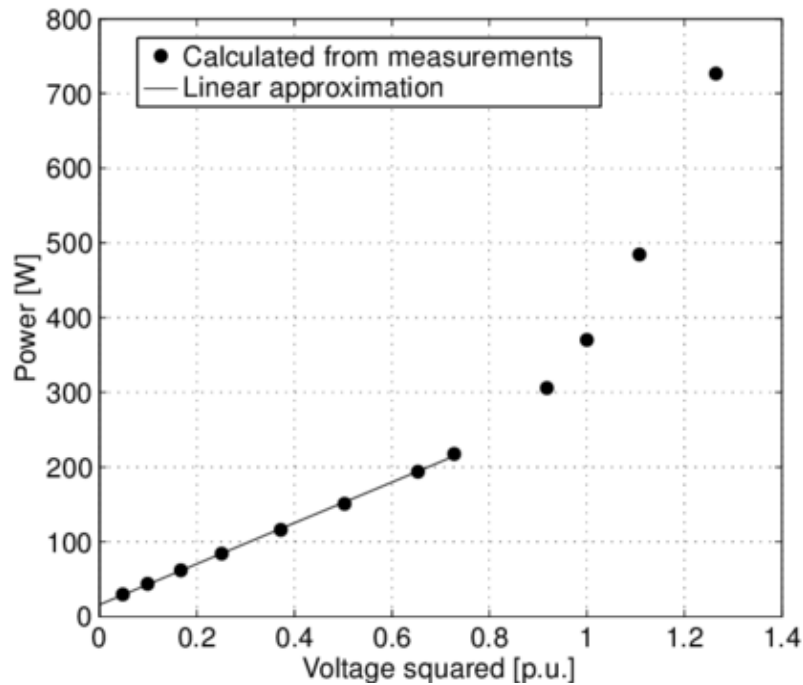
Circuito Equivalente



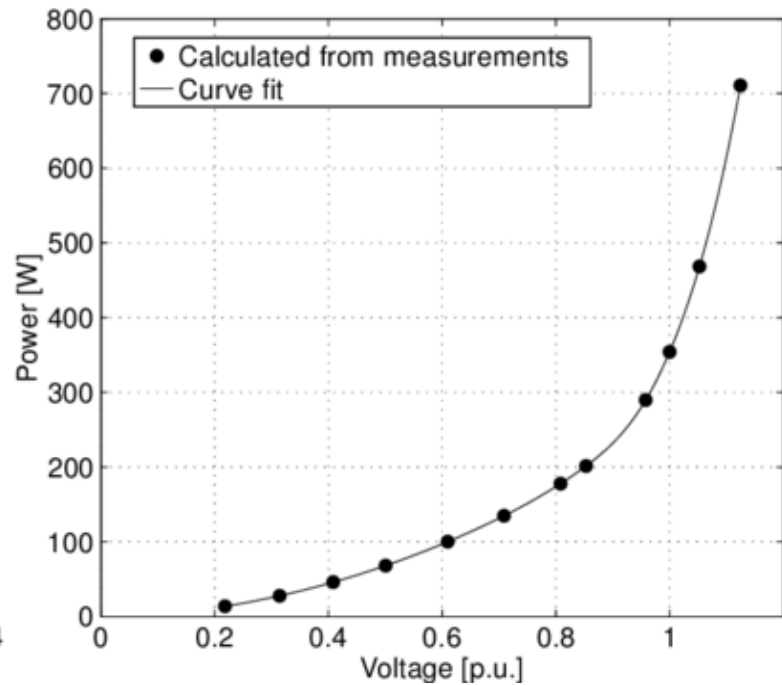
Pérdidas Cobre & Hierro



Pérdidas en el Cobre

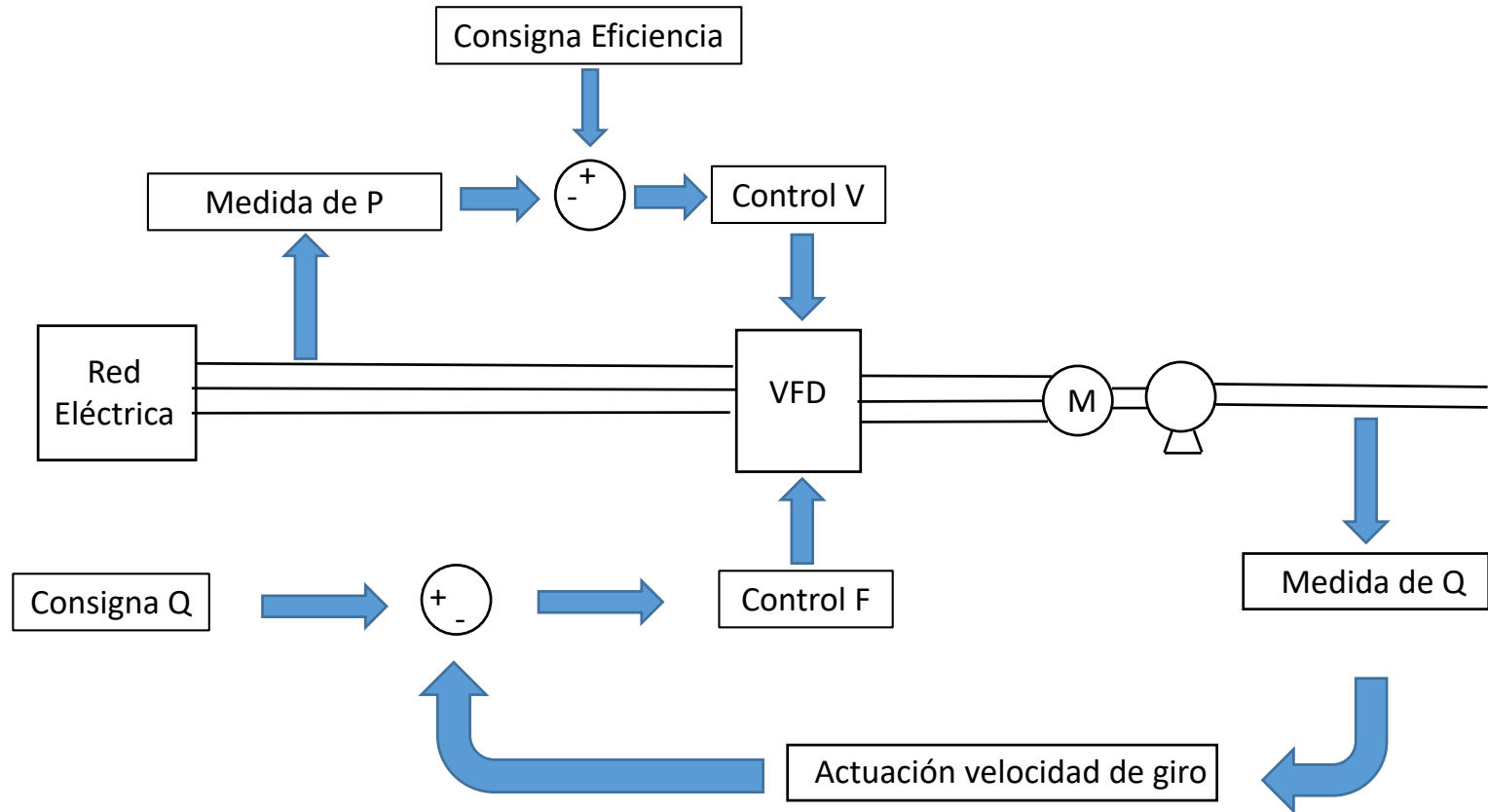


Pérdidas en el Hierro

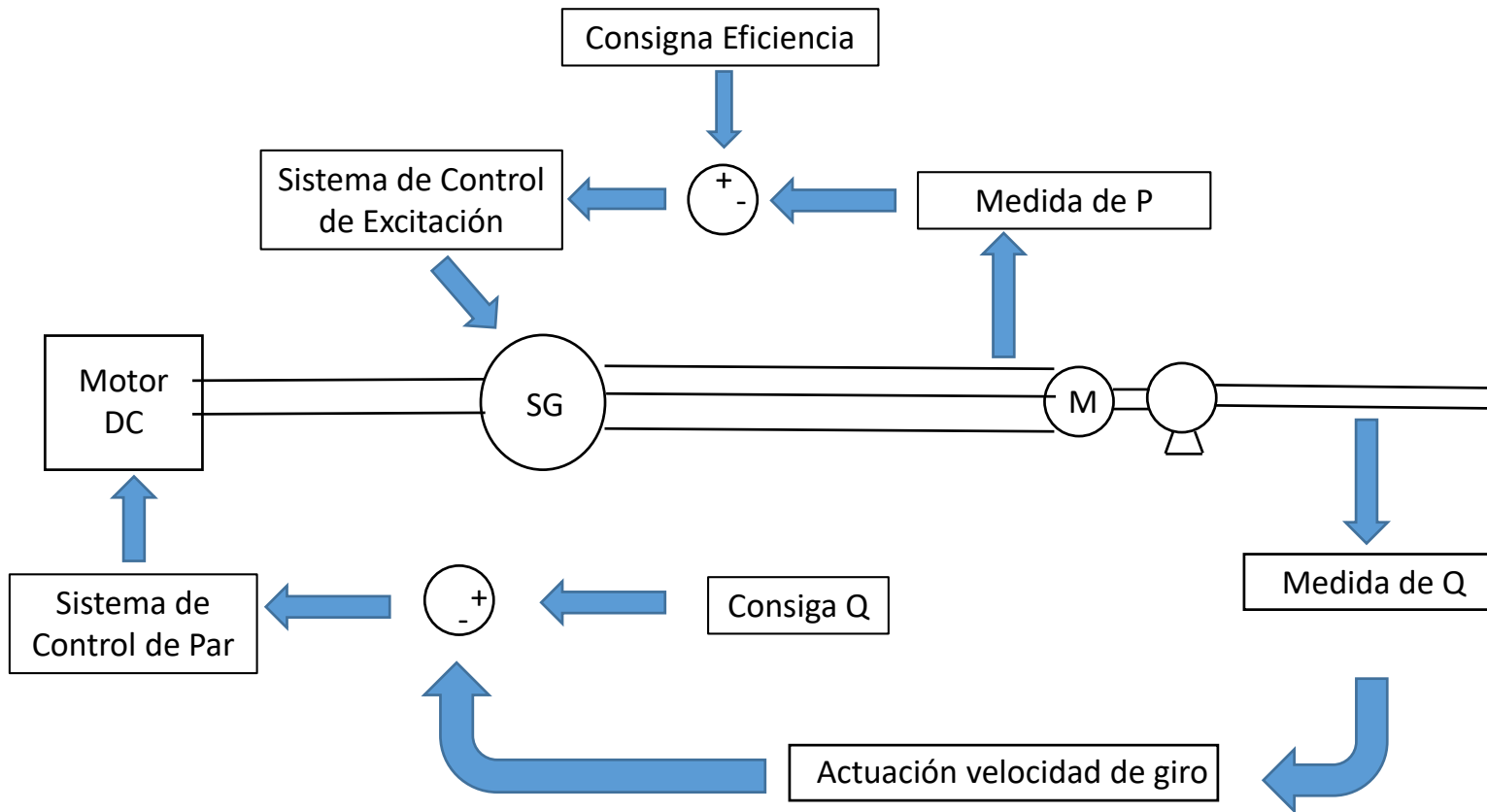


Source: Krings, Andreas et al. (2012). "Measurement and Modeling of Iron Losses in Electrical Machines".

Método de Control Propuesto



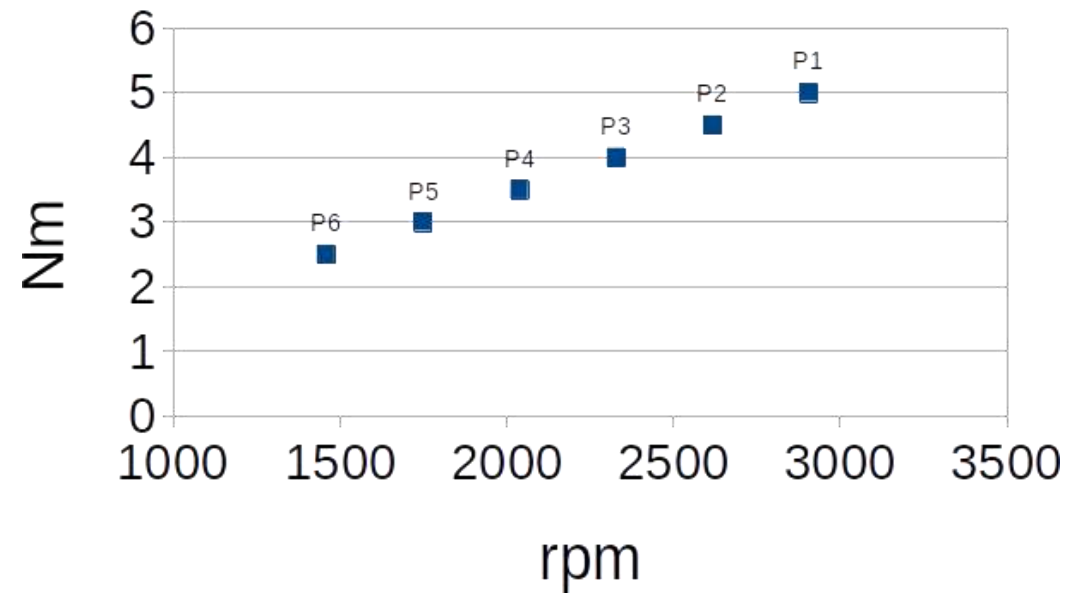
Verificación experimental en Laboratorio



Resultados

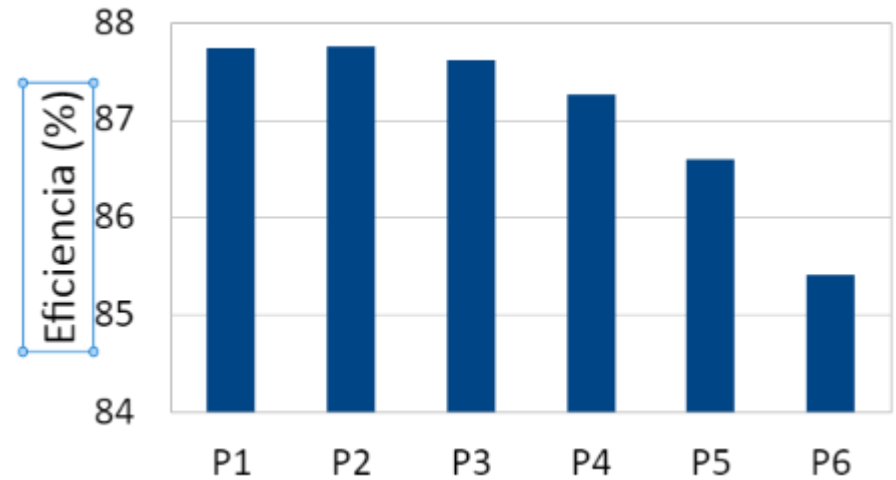
	T (Nm)	Ω (rpm)
P1	5	2905
P2	4,5	2617
P3	4	2328
P4	3,5	2038
P5	3	1747
P6	2,5	1457

Puntos de
comprobación



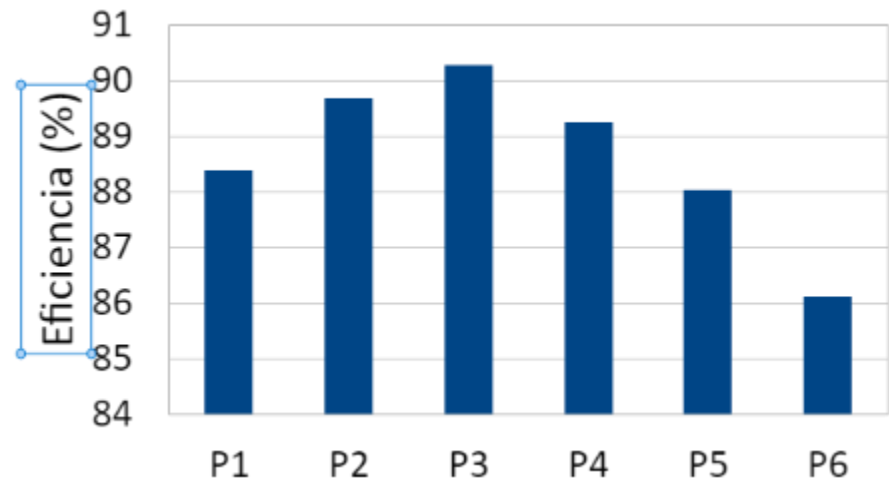
Resultados a U/f constante

	f (Hz)	U (V)	Pmec (W)	Eficiencia (%)
P1	50	380	1521	87,73
P2	45	342	1233	87,75
P3	40	304	975	87,61
P4	35	266	747	87,26
P5	30	228	549	86,6
P6	25	190	381	85,41



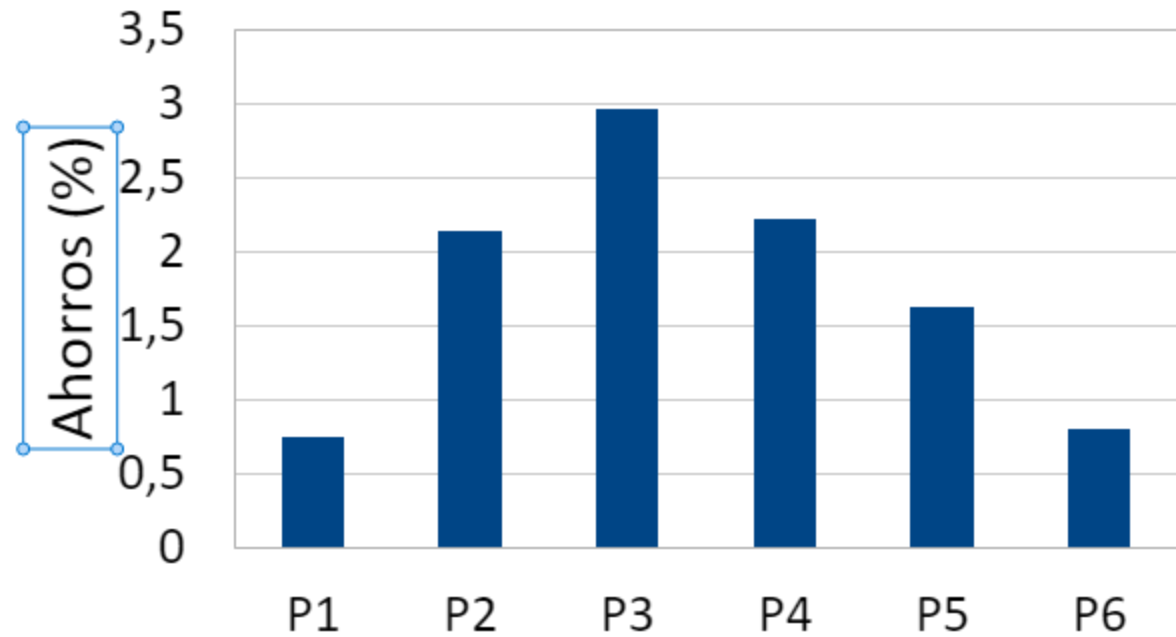
Resultados con el Control Propuesto

	f (Hz)	U (V)	Pmec (W)	Eficiencia (%)
P1	49,9	390,0	1521	88,39
P2	44,7	380,0	1233	89,67
P3	39,5	380,0	975	90,28
P4	34,6	320,5	747	89,24
P5	29,6	280,4	549	88,03
P6	24,8	217,5	382	86,1

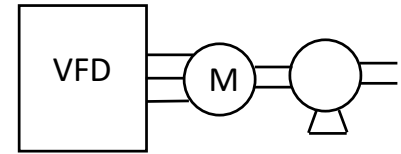


Resultados Ahorros de Energía

	Ahorros (%)
P1	0,75
P2	2,14
P3	2,96
P4	2,22
P5	1,62
P6	0,80

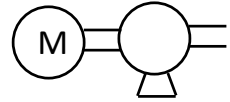


Conclusiones verificación en Laboratorio



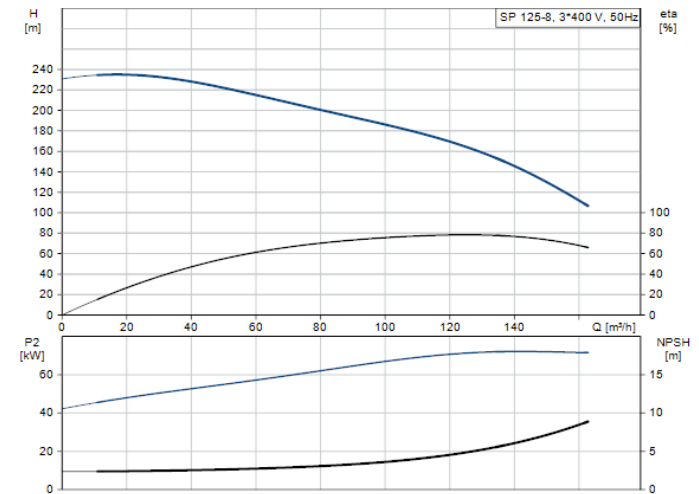
- El control propuesto es efectivo y alcanza ahorros adicionales a un control con VFD a U/f constante de entre 0,75 y 3 %
- Es más efectivo a carga parcial. A bajas cargas empeora el rendimiento

Aplicación práctica: Pozos Agua Santo Domingo



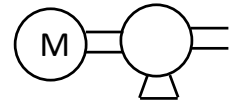
Características principales de la situación de partida:

- Bomba SP125-8, sumergible con motor MMS8000 de 75 kW. Tipo de alimentación trifásica a 380 – 400 – 415 V. Velocidad nominal: 2900 rpm.
- Diferencia de altura Base Pozo – Deposito: 52 m
- $Q_n=125 \text{ m}^3/\text{h}$; $H=163 \text{ m}$

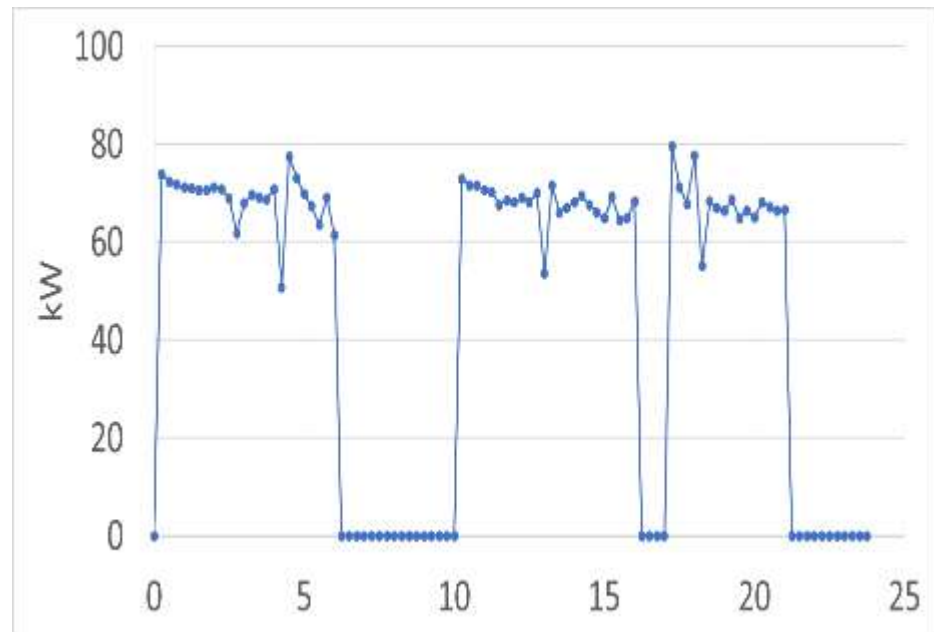
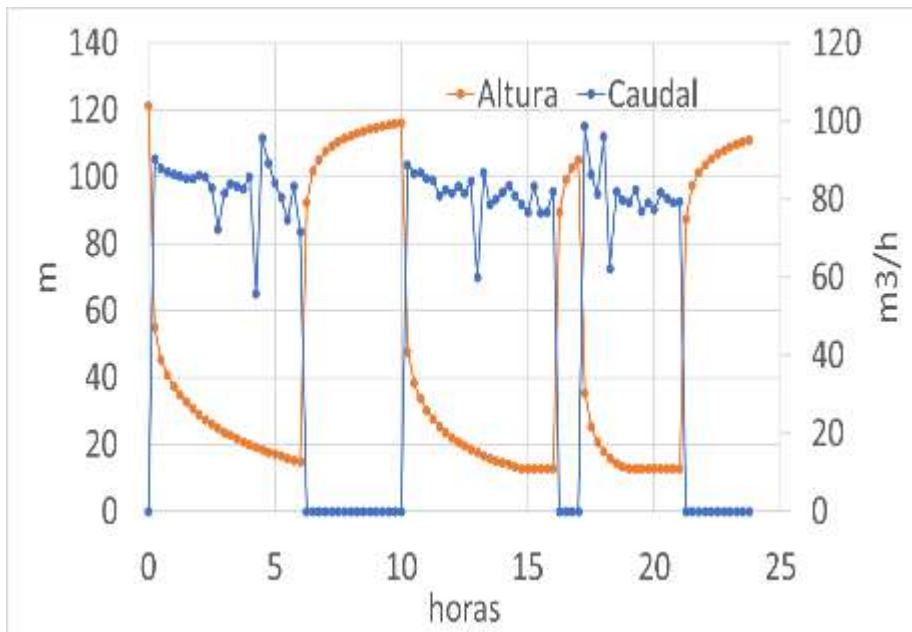


Source: Grundfos

Aplicación Pozos Agua Santo Domingo



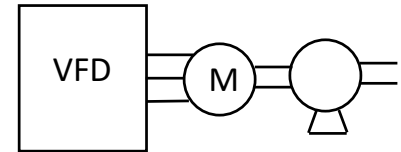
Características principales de la situación de partida:



**Energía diaria consumida inicialmente:
1092,1 kWh**

Source: Sto. Domingo, Own

Aplicación Pozos Agua Santo Domingo



Características principales del Variador de Frecuencia:

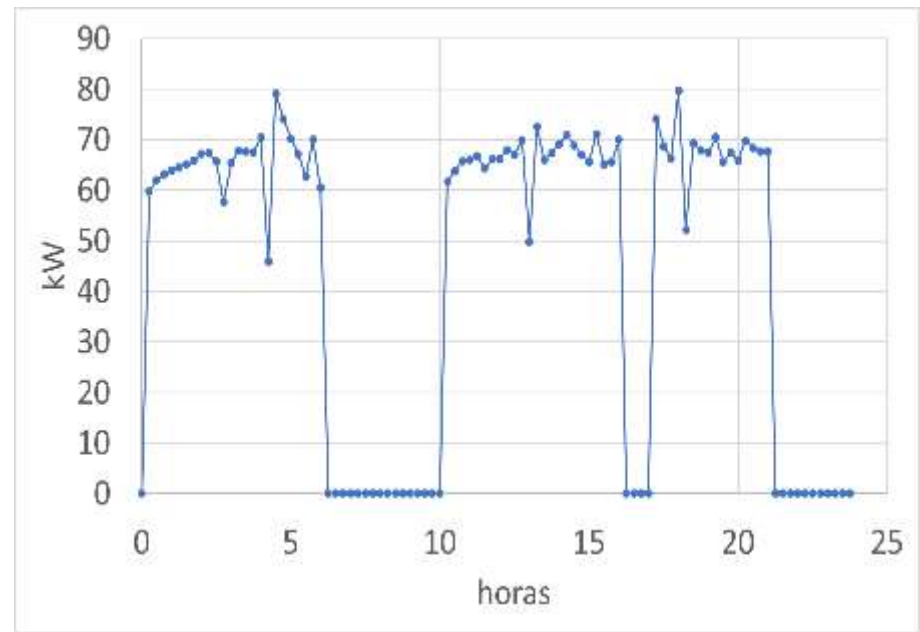
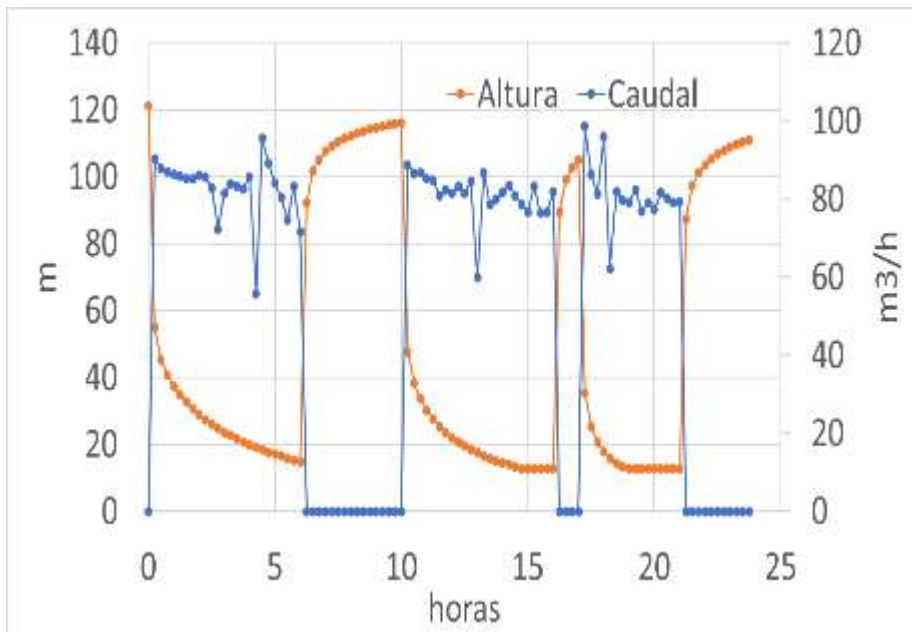
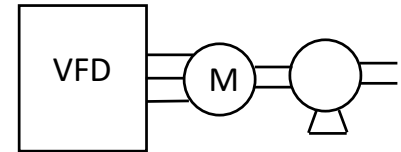
- Variador de frecuencia ATV630D75N4 de 75 kW de Schneider Electric, que cuenta con filtro CEM integrado así como entradas digitales y analógicas para poder recibir la señal correspondiente procedente del PLC mediante modbus.
- Montaje en pared.



Source: Schneider Electric

Aplicación Pozos Agua Santo Domingo

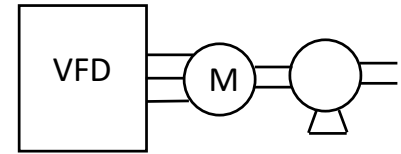
Control con VFD a U/f cte.:



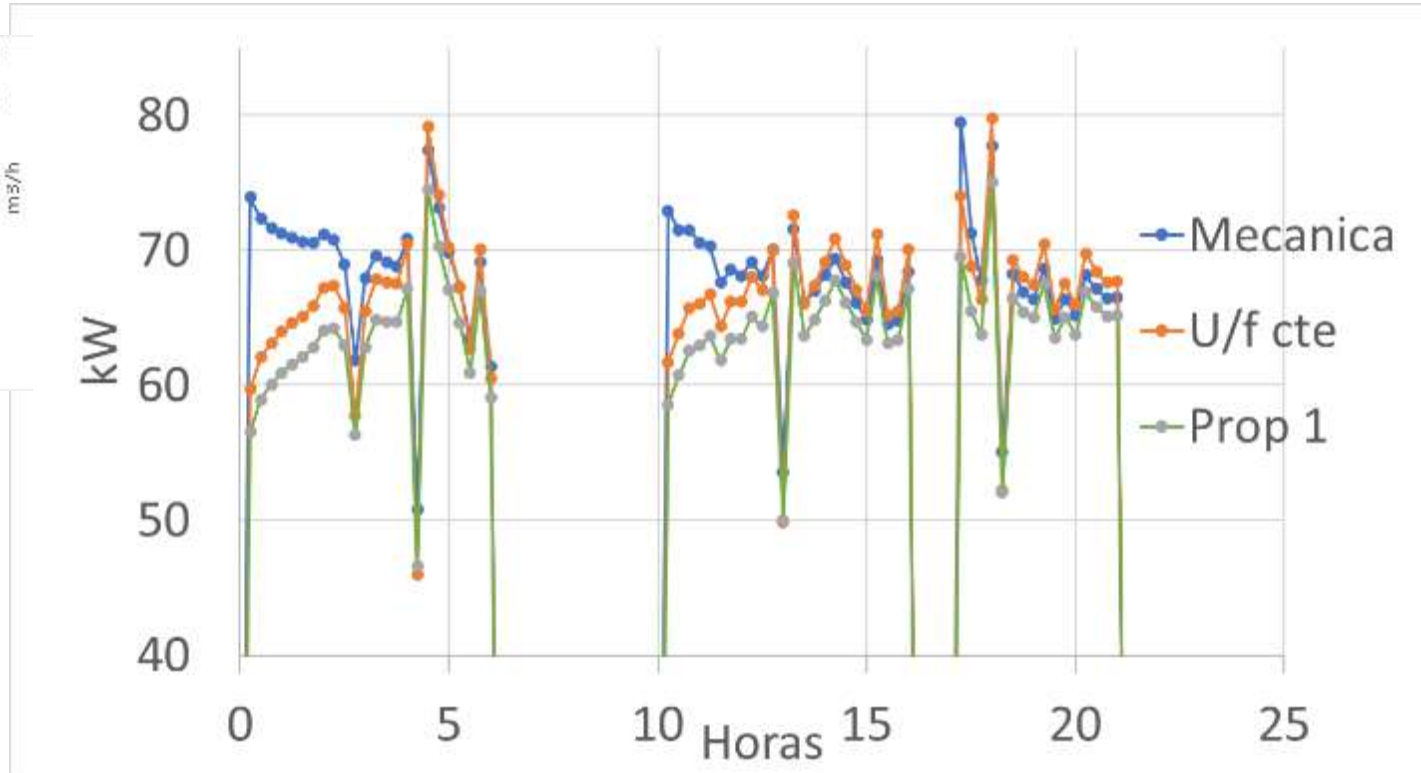
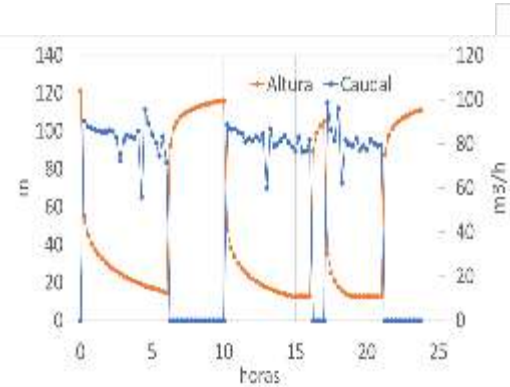
**Energía diaria consumida: 1063,8 kWh
(2,6 % ahorro)**

Source: Sto. Domingo, Own

Aplicación Pozos Agua Santo Domingo



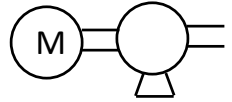
Control VFD aplicando el Control Propuesto:



Source: Sto. Domingo, Own

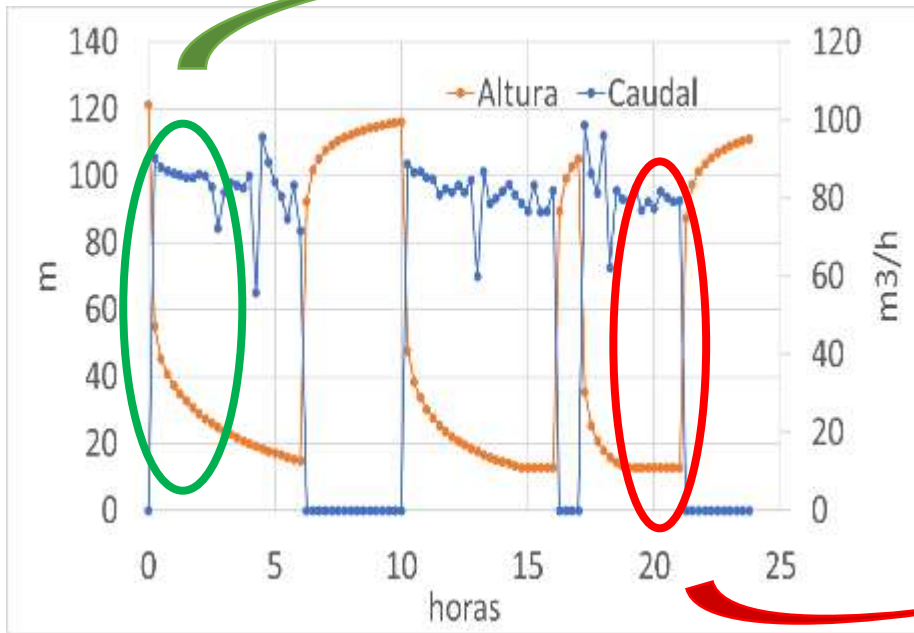
Energía diaria consumida: 1020,3 kWh
4,1 % ahorro vs U/f cte. 6,3 % ahorro total

Aplicación Pozos Agua Santo Domingo

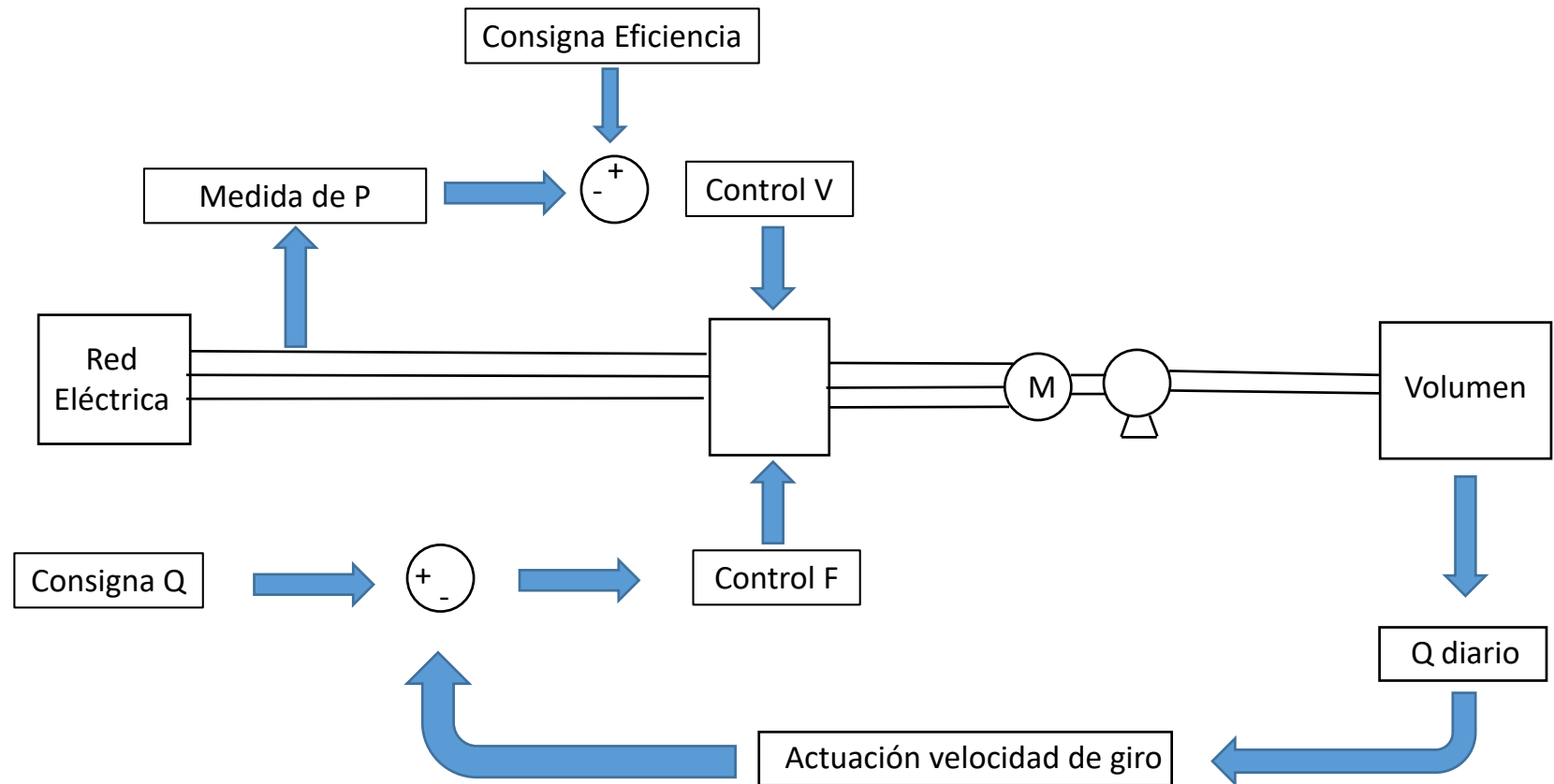


Prop 2 Incorporación de la Variación de la Altura:

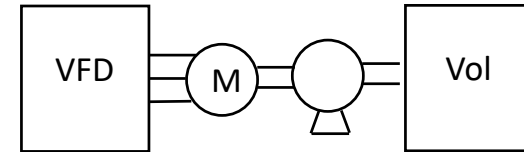
P eje bomba



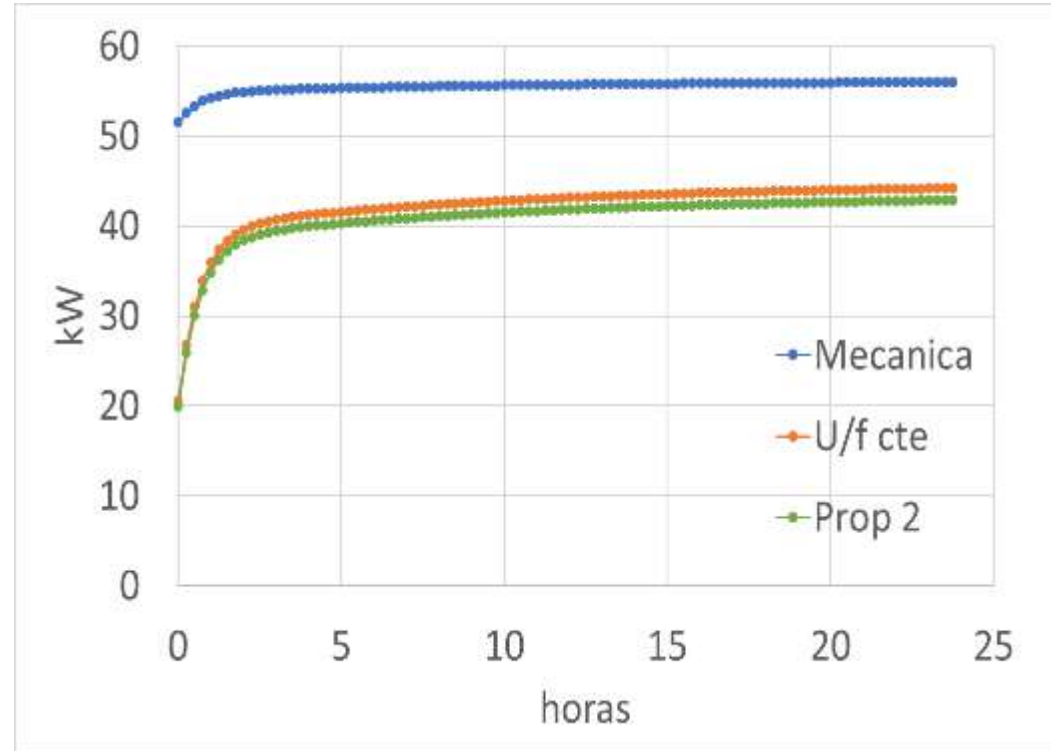
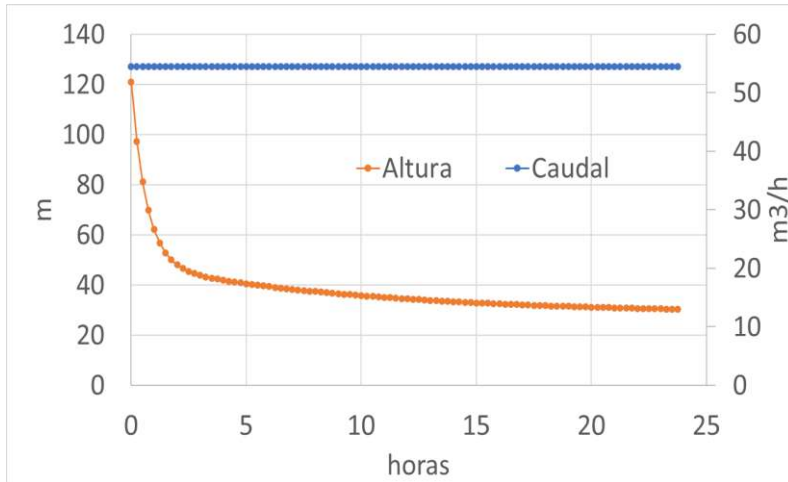
PROP 2: Método de Control incorporando Variación de la Altura



Aplicación Pozos Agua Santo Domingo

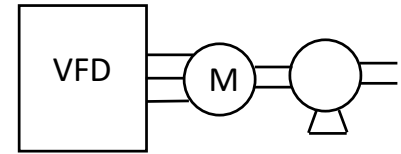


Control VFD con Control Propuesto incorporando Altura:



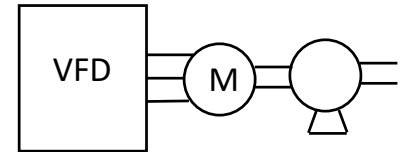
Energía Diaria:
Mecánica - 1332,8 kWh
U/f cte – 1010,6 kWh
Prop 2 – 979,9 kWh

Conclusiones



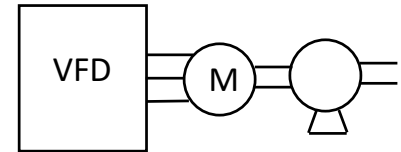
- La utilización de un VFD ha producido unos ahorros del 2,6 % al ritmo de carga actual. Lo que supone 28.3 kWh diarios (1092,1-1063,8 kWh).
- El control aquí propuesto no supone ninguna INVERSIÓN adicional a la introducción del VFD. Quedando demostrado que es más interesante regular cerca del punto de control cambiando la relación U/f , es decir primero se regula f y posteriormente se ajusta la U una vez llegados a las proximidades del punto de control para mejorar la eficiencia. De los datos reales con la relación U/f cte, se han conseguido unos ahorros del 6,3 % del total. Esto supone aproximadamente 72 kWh diarios respecto del consumo original y 43.5 kWh diarios de ahorro respecto del consumo con VFD a U/f constante lo que supone un ahorro adicional del 4.1%

Conclusiones (cont.)



- Utilizar una estrategia de nivelado de carga, lo que supone producir el mismo caudal de forma constante para suministrar la demanda, no supone ningún ahorro desde el punto de vista energético mediante un control mecánico. Al contrario, al realizar un control de caudal nivelado, el consumo de energía se incrementa, ya que constantemente estaremos reduciendo la potencia con el sistema hidráulico, pero la bomba seguirá consumiendo energía.
- Sin embargo, al unir el nivelado de carga con un control mediante VFD, se consiguen ahorros de 53 kWh adicionales (1063,8 – 1010,6 kWh) , aunque la carga del motor y variador permanecen constantes pero a valores más reducidos

Conclusiones (cont.)



- Cuando se utiliza el control propuesto con VFD e incorporando además el control de altura, se consiguen los máximos ahorros pasando de consumir 1092,1 kWh a 979,9 kWh en total. La incorporación del control de altura supone una mejora importante, produciéndose un ahorro de 40,4 kWh (1020,3-979,9 kWh).
- Sin embargo esta mejoría se verá reducida con el tamaño del sistema, ya que se demuestra que en esta situación si el dimensionamiento del equipo es demasiado grande las mejoras correspondientes al consumo variable quedan compensadas por el exceso de tamaño y hacer trabajar a la máquina con bajos factores de carga.

Extracción de
agua subterránea:

27-28/22
OCTUBRE

Retos y soluciones de los grupos electrobomba

MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN

Organizadores:



Patrocinadores:



Colaboradores:

