

**TEMA 3:**  
**APLICACIÓN INDUSTRIAL DE LOS INVERSORES:**  
**ACCIONAMIENTO PARA UNA MÁQUINA DE**  
**CORRIENTE ALTERNA**

---

**F. Javier Maseda**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y**  
**AUTOMÁTICA**  
**SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA SAILA**



# Objetivos

---

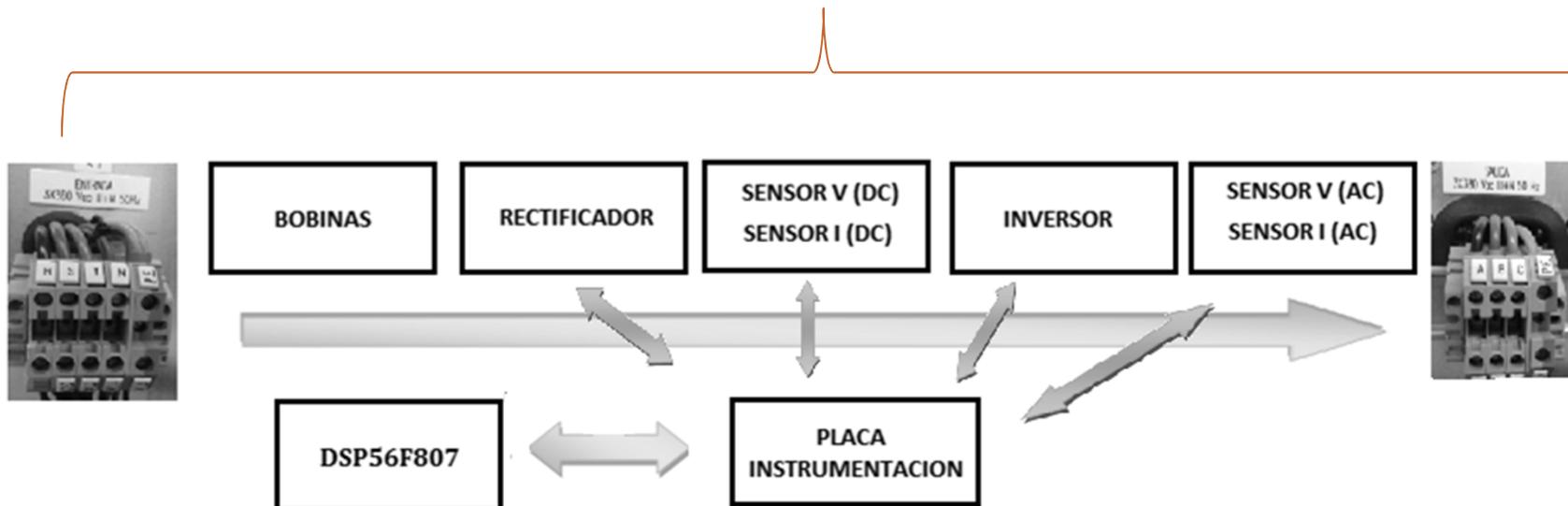
- ✓ Analizar los diferentes bloques que integran un accionamiento para propulsión eléctrica:
  - ✓ Convertidores electrónicos de potencia:
    - ✓ Rectificador
    - ✓ Inversor trifásico
  - ✓ Circuitos de mando de los interruptores electrónicos de potencia
  - ✓ Instrumentación del equipo
  - ✓ Controlador especializado
    - ✓ Hardware
    - ✓ Software
- ✓ Monitorización del equipo



# Análisis de los bloques que integran el accionamiento

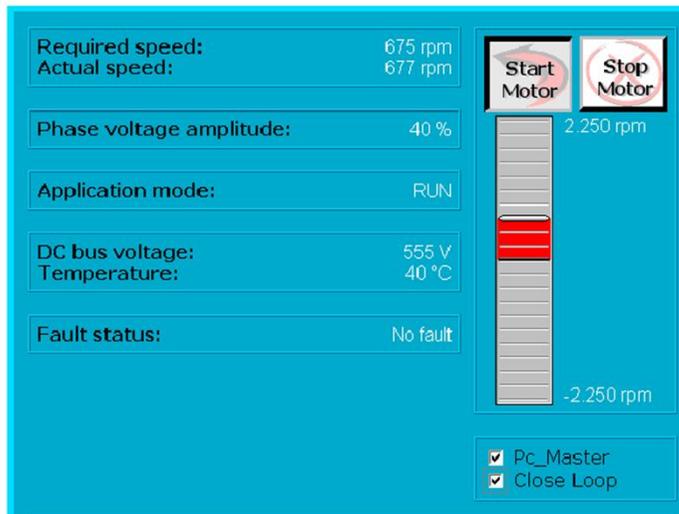


380 Vac III+N



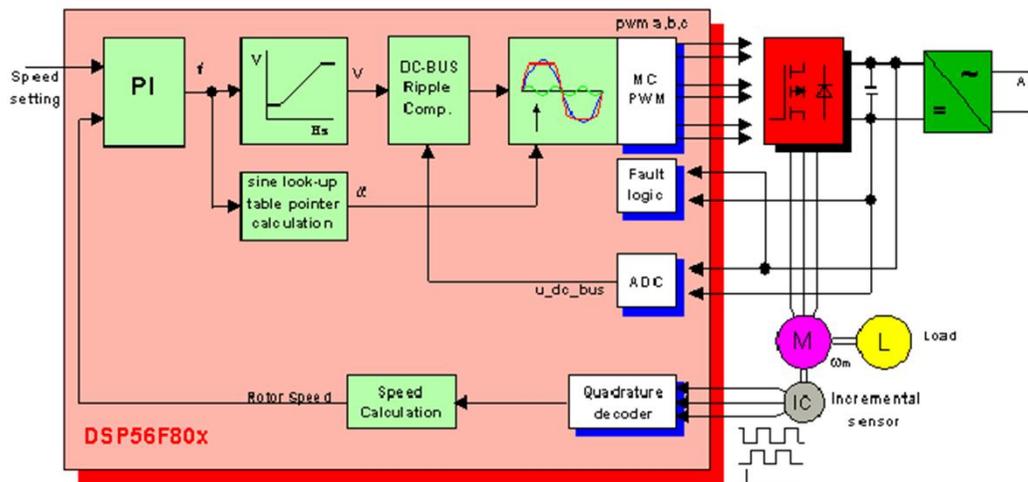


# Monitorización remota del equipo

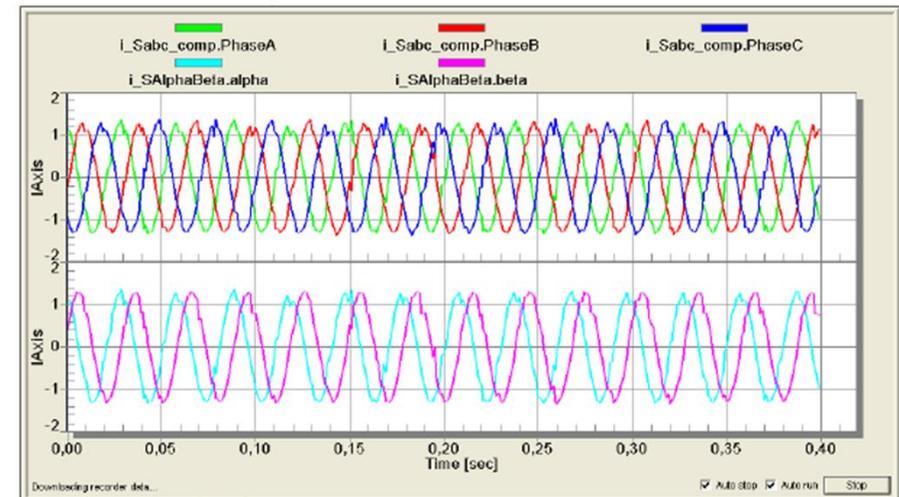


La comunicación local o remota de los accionamientos modernos, permite no solo el control y monitorización de variables, si no crear entornos virtuales de información y ayuda para el uso seguro de los equipos; por parte de personal técnico que a creado las aplicaciones o por los usuarios que van utilizar los equipos. Las figuras muestran el uso del software FreeMaster, de Freescale, que mediante aplicaciones HTML permite crear una amplia variedad de entornos.

**Pantalla de control remoto (FreeMaster)**



**Esquema simbólico (FreeMaster)**



**Monitorización de variables en tiempo real (FreeMaster)**

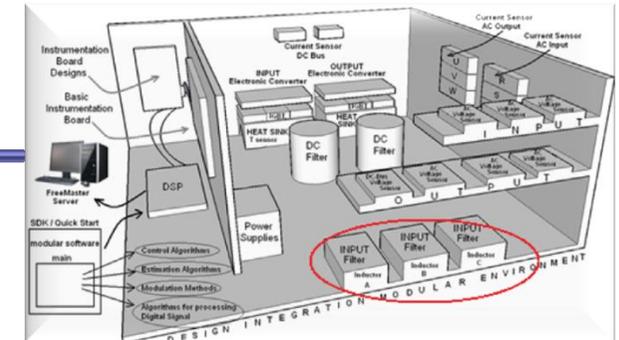




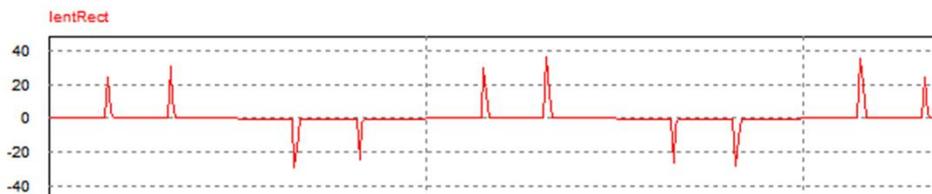
# 1. Conexión a la red

La conexión a la red se realizará mediante bobinas:

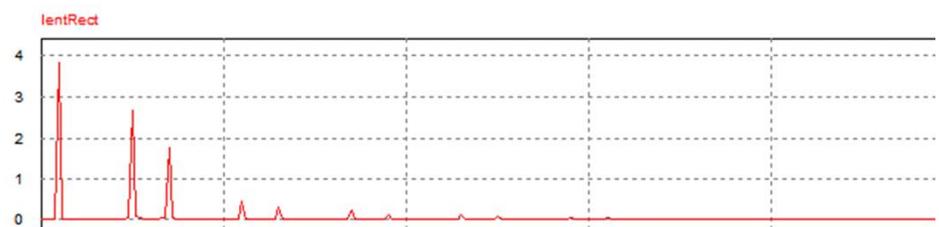
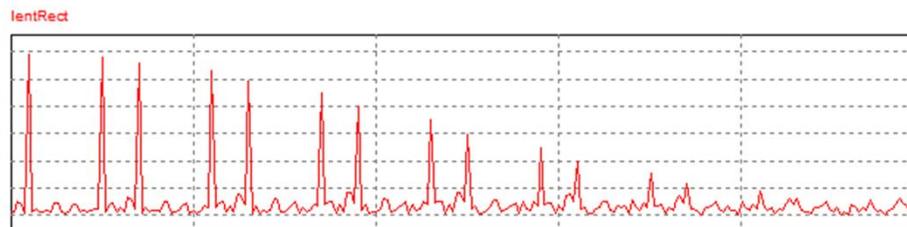
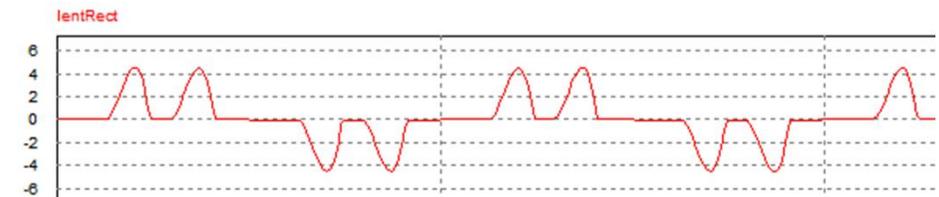
- Bobinas de núcleo de chapa magnética: en serie y una por línea.
- Les va seguir un Rectificador+Filtro por condensador: van a generar pulsos de corriente en la red.
- Las bobinas actúan como filtro de corriente.



• SIN Bobinas:



• CON Bobinas:



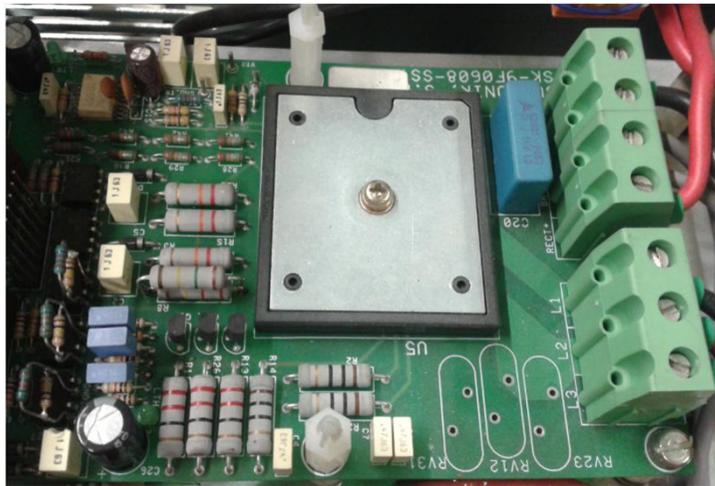
Picos altos, breves en el tiempo

Picos suaves, señal más senoidal

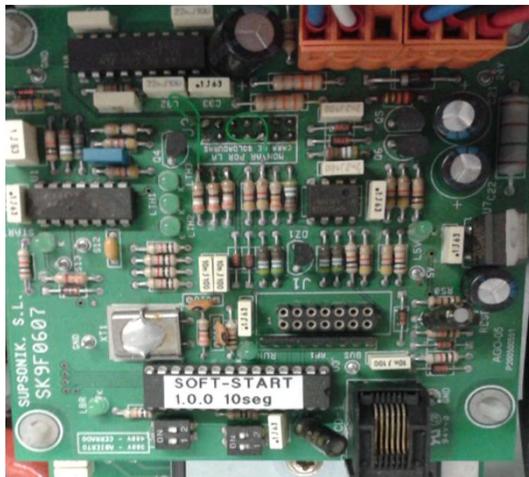


## 2. Rectificador

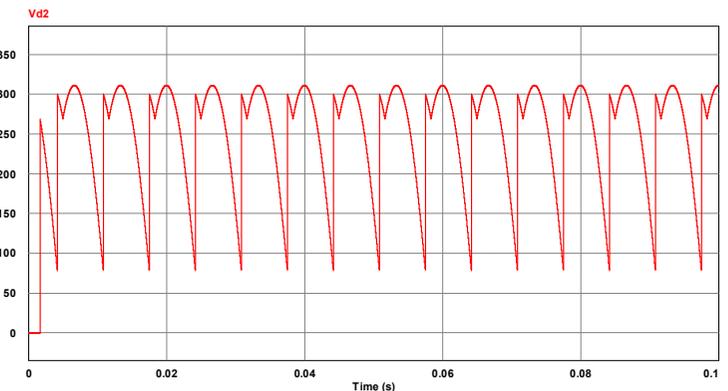
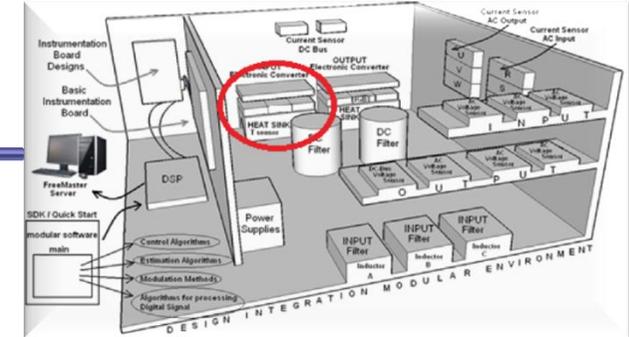
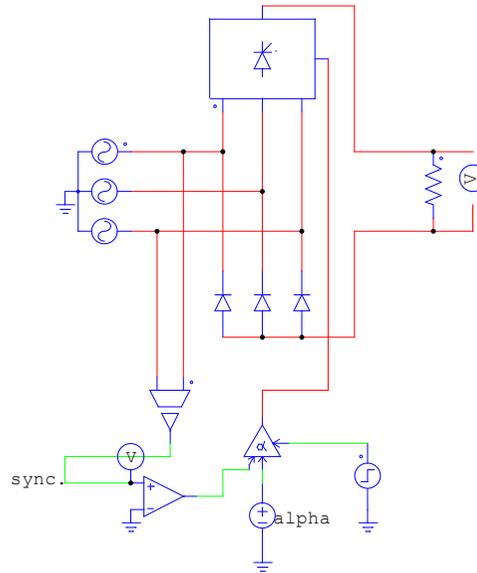
- Rectificador Semicontrolado:



- Circuito de Mando:



- Conversión AC - DC:



- Según ángulo disparo de los tiristores se podrá variar la tensión continua de salida:

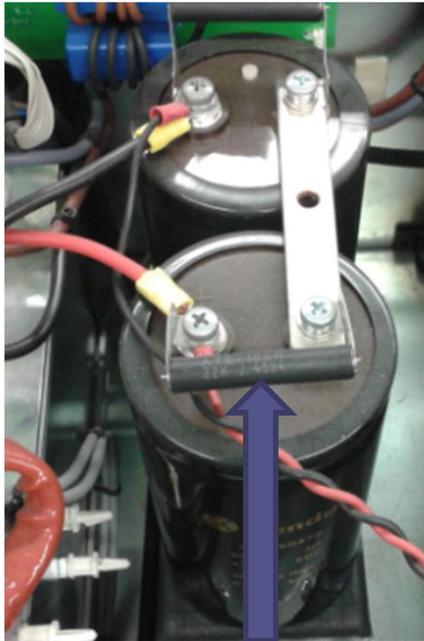
$$VLC_0 = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_0 \left( \frac{1 + \cos \psi}{2} \right)$$

Ψ=ángulo de disparo  
Vo=Tensión simple de pico

- Función en el equipo:
  - Carga de los condensadores (siguiente etapa)
  - Evitar pico de corriente al encender equipo (Condensadores descargados = cortocircuito)

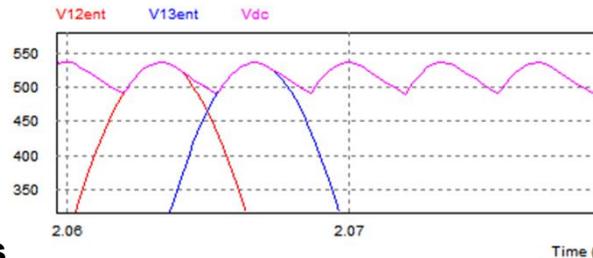
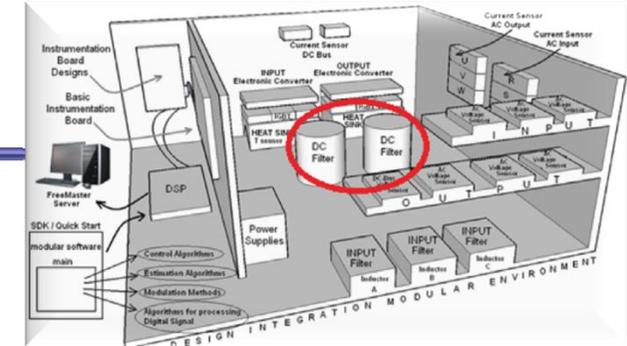


### 3. Condensadores



**Acoplamiento entre en rectificador y el inversor mediante un bus de tensión continua, a través de un condensador de elevada capacidad:**

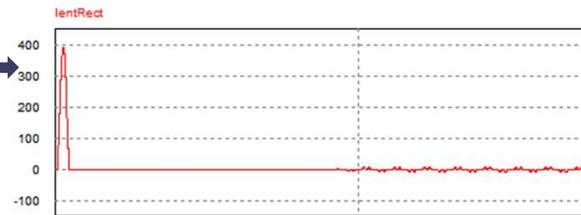
- Sirve como almacenamiento de temporal de energía
- Filtra la señal de salida del rectificador



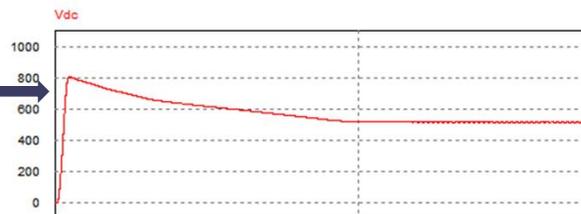
**Resistencias de descarga de los condensadores en caso de desconexión del sistema**

- Es necesario un rectificador semicontrolado para evitar circuito de precarga basado en resistencias y relés.

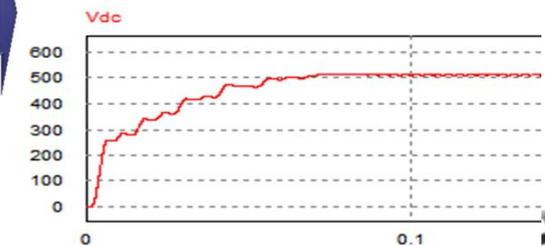
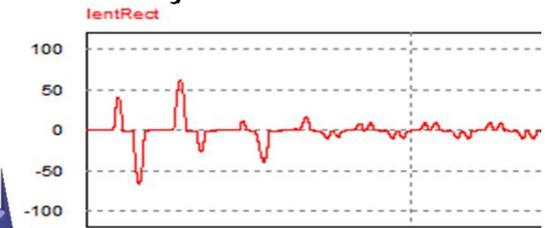
Punta de corriente de arranque, sin control



Tensión en bornes del condensador



**Encendido mediante rectificador semicontrolado**



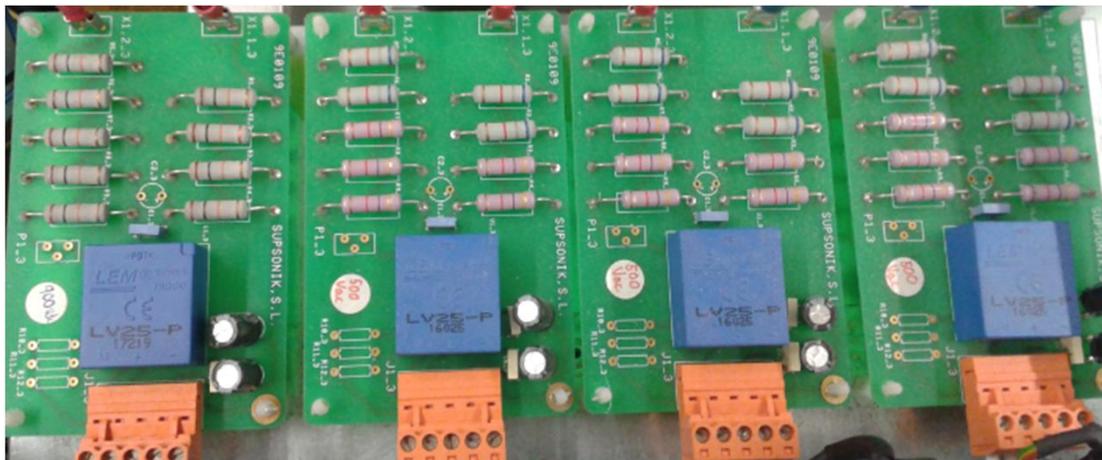
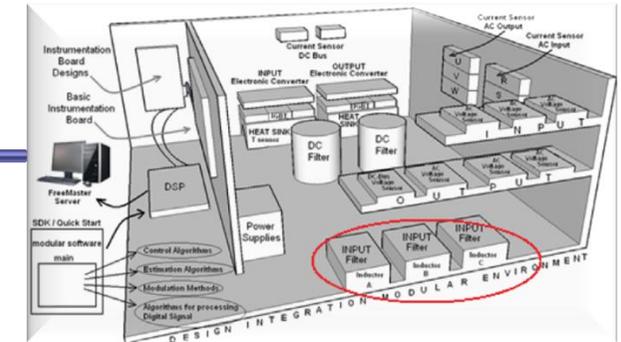
## 4. Sensores

- Medición de:

- Tensión continua
- Intensidad continua
- Tensión de salida (AC)
- Intensidad de salida (AC)
- Temperatura del equipo (Convertidores)

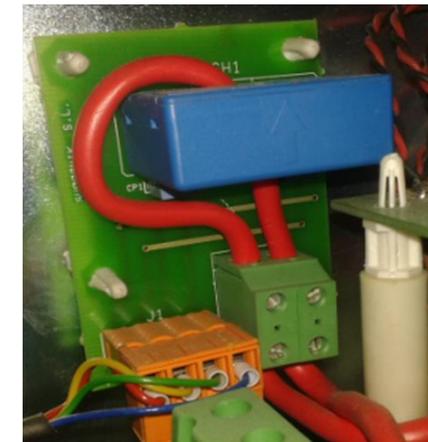


- Envío al núcleo de control
- Importante: Aislamiento galvánico y acondicionamiento de señal según las características de la tarjeta de procesamiento.



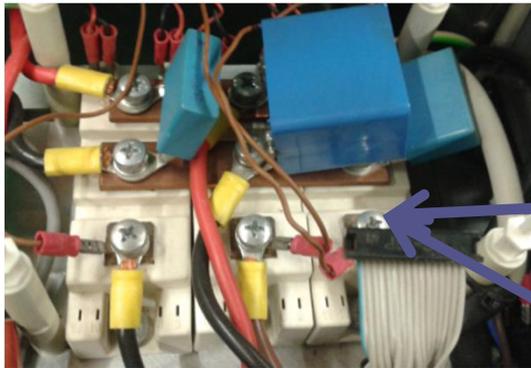
Sensores LEM de tensión con aislamiento galvánico

Sensores LEM de corriente con aislamiento galvánico



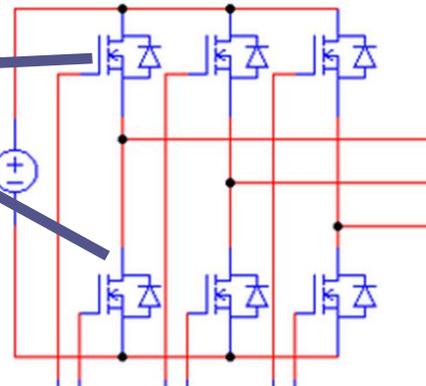
## 5. Inversor

- **Inversor Trifásico:** formado por tres módulos de dos IGBTs cada uno.

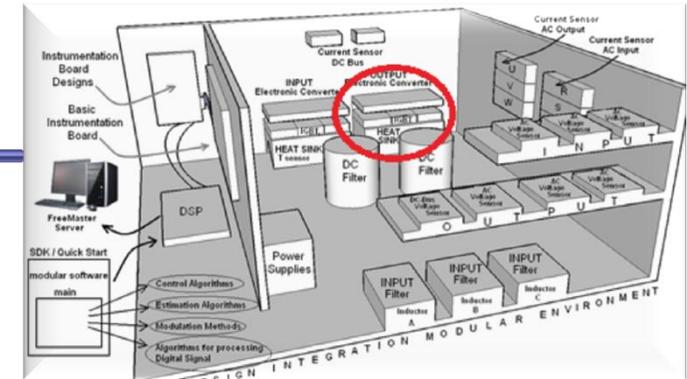


**Objetivo: Generación de una tensión alterna controlada en valor eficaz y frecuencia, con mínimo de distorsión armónica**

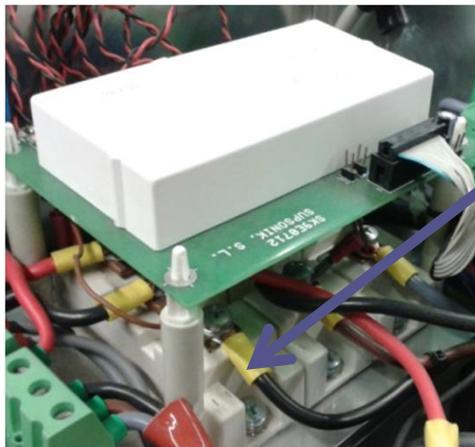
### Conversión DC – AC o Inversión



Sensores LEM de corriente de fase con aislamiento galvánico

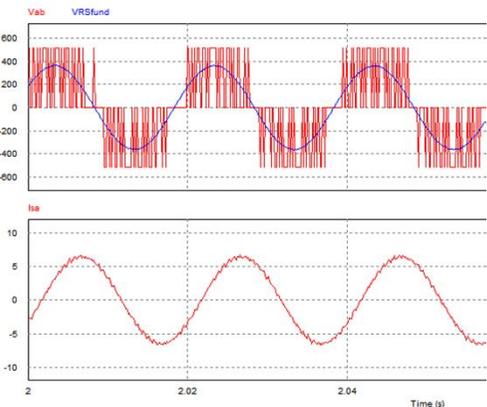


- **Driver del Inversor:** Circuito SKHI 61 con aislamiento Boot-Strap



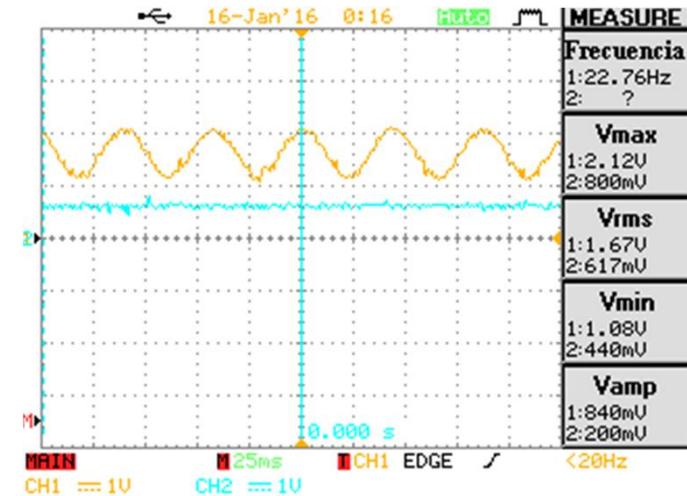
Interruptores electrónicos de potencia: conmutan según la estrategia de modulación PWM. Los interruptores de la misma rama en el mismo Pack.

- El Inversor actúa sobre el motor: según la señal PWM que le llega a sus interruptores se controla la V/f en el motor.
- Se pueden utilizar diferentes tipos de modulación mediante software.

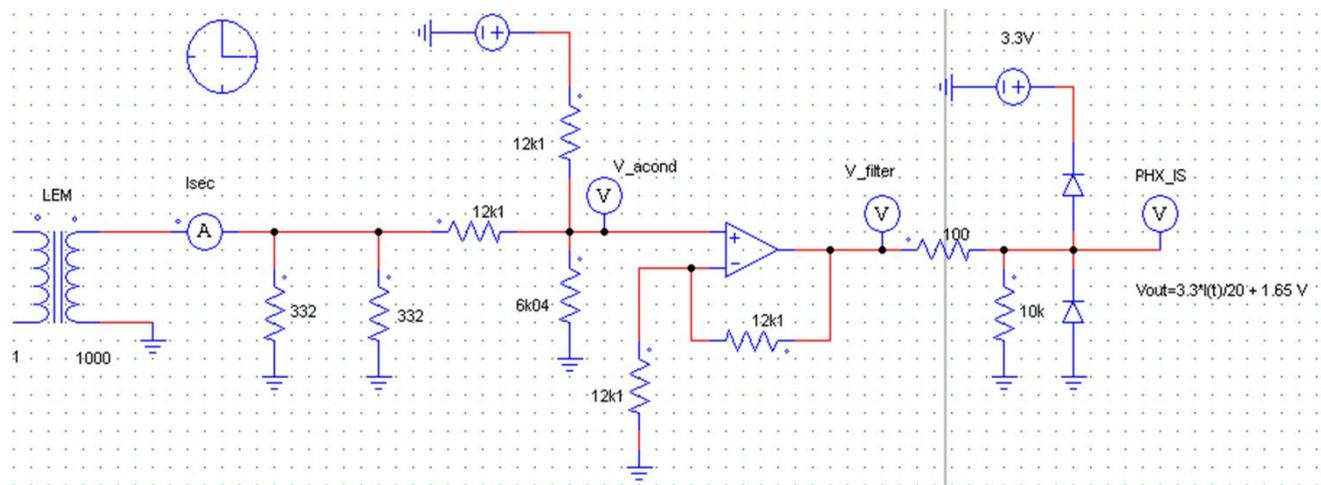


## 6. Placa Instrumentación

La placa de instrumentación permite monitorizar los parámetros del equipo en condiciones de seguridad eléctrica.

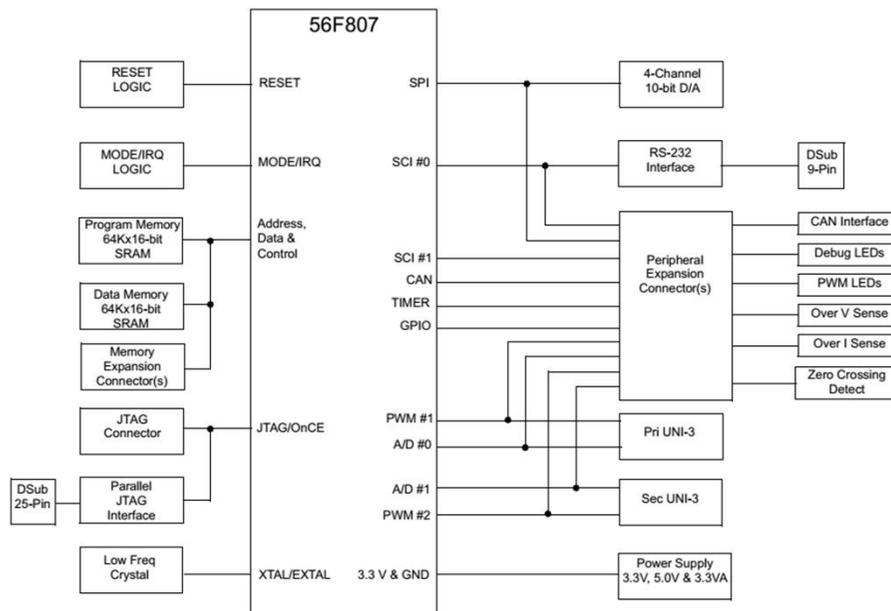


- Se realiza el acondicionamiento, aislamiento y visualización de todas las señales relevantes, tanto del motor como del convertidor electrónico.



## 7. DSP: Hardware

### EVM DSP56F807 (Freescale)



### Periferia integrada hardware:

- Moduladores PWM
- Convertidores ADC y DAC
- Timers
- Decoder
- GPIOs
- Comunicaciones:
  - I2C
  - CAN interface
  - JTAG
  - Etc.



## 7. DSP: Software

### EVM DSP56F807 (Freescale)



### KIT de desarrollo de software (SDK):

- Controlador PI
- Rampa V/f
- Compensación rizado DC bus
- Modulación
- Monitorización del equipo
- Funciones avanzadas
- Etc...

This section defines the API for Clarke & Park Transformations. The header files *mc.h* and *cptrfm.h* contain all required prototypes and structure/type definitions. This information is included for the user's reference. For more specific information on using these interface functions, see [Section 4.10.3](#).

#### Public Interface Function(s):

```

/*****
 * Function calculates Clarke Transformation which is used for transforming current
 * from three phase rotating coordination system
 * to alpha-beta rotating orthogonal coordination system
 *****/
void cptrfmClarke ( mc_sPhase *pAlphaBeta, mc_s3PhaseSystem *p_abc);

```

```

/*****
 * Function calculates Inverse Clarke Transformation is used for transforming
 * values (flux, voltage, current) from alpha-beta rotating orthogonal coordination
 * system to three phase rotating coordination system
 *****/
void cptrfmClarkeInv ( mc_s3PhaseSystem *p_abc, mc_sPhase *pAlphaBeta);

```

```

/*****
 * Function calculates Park Transformation which is used for transforming values
 * (flux, voltage, current) from alpha-beta rotating orthogonal coordination system
 * to d-q stationary orthogonal coordination system
 *****/
void cptrfmParkcptrfmPark ( mc_sDQsystem *pDQ, mc_sPhase *pAlphaBeta, mc_sAngle
 *pSinCos);

```

```

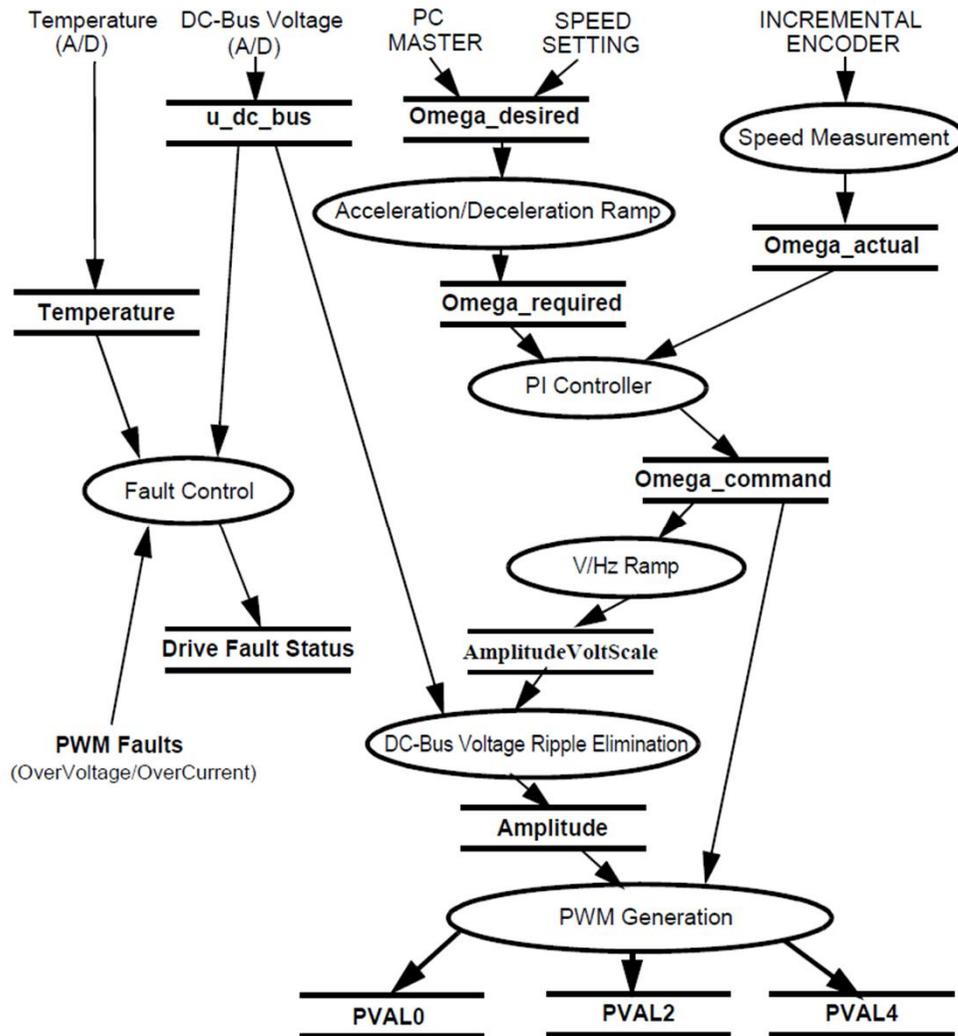
/*****
 * Function calculates Inverse Park Transformation which is used for transforming
 * values (flux, voltage, current) from d-q stationary orthogonal coordination system
 * to alpha-beta rotating orthogonal coordination system
 *****/
void cptrfmParkInv ( mc_sPhase *pAlphaBeta, mc_sDQsystem *pDQ, mc_sAngle *pSinCos);

```

**Funciones avanzadas de librería (SDK): transformadas de Clarke y Park, directas e inversas.**



## 8. Estructura del programa integrado (Software Development Kit)



**Flujo de datos para un control V/f  
(AN-1910, Freescale SDK)**

El uso de procesadores digitales altamente especializados en convertidores electrónicos de potencia, fundamentalmente en el área de los inversores en sistemas de propulsión eléctrica, hace que las propias empresas, que desarrollan los procesadores digitales, implementen Kits de Desarrollo de Software (SDK) o librerías que facilitan al usuario programar sus propias aplicaciones industriales.

La figura muestra un ejemplo de este tipo de aplicaciones que son funcionales y a que posteriormente el usuario puede modificar en la medida que lo necesite para ajustarlo a su aplicación específica. Como puede ser, en función de la potencia o las especificaciones técnicas de la máquina eléctrica que vaya a ser utilizada en la aplicación.



# Conclusiones

---

- El accionamiento para motores de corriente alterna incorpora todos los bloques básicos de cualquier sistema electrónico industrial:
  - Convertidores electrónicos de potencia: para la manipulación controlada de la energía eléctrica
  - Drivers para el mando de los interruptores electrónicos que integran los convertidores electrónicos
  - Instrumentación: para la monitorización y realimentación de los parámetros del sistema
  - Controlador con elevadas características de hardware y software
- El accionamiento está desarrollado de manera que tenga un interface, tanto de hardware como de software, amable y seguro para el usuario.
- El intercambio de controladores es factible mediante la tarjeta de instrumentación que tiene transferida la monitorización de variables a unos niveles normalizados.
- Las posibilidades del control son fácilmente ampliables a controladores avanzados o a sistemas de control sin sensor. Por lo que el entorno propuesto puede ser utilizado con un objetivo docente o investigador.

