

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**LABORATORIO DE
CONVERSIÓN ELECTROMECAÁNICA
DE LA ENERGÍA**

**Publicación G/2
-2009-**

P R E F A C I O

La presente Publicación constituye el conjunto de Guías de Laboratorio correspondiente a las experiencias que deben desarrollarse en la asignatura “Laboratorio de Conversión Electromecánica de la Energía” de la carrera de Ingeniería Civil Electricista. Dichas experiencias están programadas en seis sesiones, que cubren los principales tópicos del curso: Transformadores, Máquinas de Corriente Continua, Máquinas de Inducción y Máquinas Síncronas.

En esta nueva versión de la Publicación G/2 se han actualizado algunos aspectos de las experiencias respecto a la edición anterior de la misma (2007), fundamentalmente considerando que en Julio de 2008 el Departamento de Ingeniería Eléctrica ha renovado las instalaciones, equipos e instrumental del Laboratorio de Máquinas Eléctricas, incorporando, entre otros, un Transformador Variable trifásico (Variac), Osciloscopios digitales, Multímetros digitales con termocupla, un Analizador trifásico de calidad de energía, Variadores electrónicos de frecuencia, Partidores suaves para motores de inducción trifásicos, Tacómetros digitales, Megóhmetros digitales, Tenazas de corriente AC y DC, Multímetros digitales, etc.

Adicionalmente, se incluyen algunos aspectos generales como son los objetivos del curso e instrucciones para la elaboración de informes. Y fundamentalmente, se entregan normas de seguridad para el trabajo de laboratorio, complementadas con anexos sobre Primeros Auxilios, Efectos de la Corriente Eléctrica en las Personas y otros.

*JORGE ROMO L.
Profesor Asociado*

Marzo, 2009

CONTENIDO

- PREFACIO

1. ASPECTOS GENERALES

- 1.1 Objetivos de la Asignatura
- 1.2 Normas de Seguridad para el Trabajo en el Laboratorio
- 1.3 Descripción de la Instalación Eléctrica del Laboratorio
- 1.4 Recomendaciones Generales para la Elaboración de Informes

2. EXPERIENCIAS DE TRANSFORMADORES

- 2.1 Experiencia N° 1: **Transformadores Monofásicos**
- 2.2 Experiencia N° 2: **Transformadores Trifásicos**

3. EXPERIENCIAS DE MAQUINAS ELECTRICAS

- 3.1 Experiencia N° 3: **Máquinas de Corriente Continua**
- 3.2 Experiencia N° 4: **Máquina de Inducción**
- 3.3 Experiencia N° 5: **Generador Sincrónico Aislado de la Red**
- 3.4 Experiencia N° 6: **Generador Sincrónico Conectado a la Red**

- ANEXOS

- A.1. Aspectos Fundamentales de Primeros Auxilios
- A.2. Efectos de la Corriente Eléctrica sobre el Cuerpo Humano
- A.3. Precauciones en el Manejo del Osciloscopio
- A.4. Pauta para Corrección de Informes
- A.5. Instalación del Laboratorio de Máquinas

1. ASPECTOS GENERALES

A continuación se entregan algunos aspectos generales de la asignatura, como son los objetivos de la misma, normas de seguridad para efectuar el trabajo experimental, descripción de la instalación eléctrica del laboratorio y recomendaciones para la elaboración de informes.

Es conveniente destacar que todos estos aspectos deben tenerse permanentemente en cuenta durante el desarrollo del curso. En particular, por las características de este curso, *reviste primera prioridad lo que se refiere a las precauciones para evitar accidentes en el trabajo de laboratorio y las medidas a tomar en caso que éstos ocurran.*

1.1 OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

El principal objetivo de la asignatura es complementar con trabajo experimental el curso teórico de Conversión Electromecánica de la Energía. En este sentido, se pretende que el alumno logre comprender el funcionamiento y conozca características particulares de transformadores y máquinas eléctricas convencionales, logrando finalmente establecer el grado de confiabilidad de los modelos teóricos de dichos equipos. También se espera que adquiera habilidad y aprenda a tomar las debidas precauciones para realizar con confianza y seguridad trabajos experimentales con voltajes y corrientes elevados.

1.2 NORMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJO EN EL LABORATORIO

El trabajo en un Laboratorio de Máquinas Eléctricas presenta un alto riesgo de accidentes tanto para los instrumentos y máquinas, como para las personas. Por ello es muy importante realizar las experiencias rigiéndose por normas adecuadas que minimicen las posibilidades de accidente, como las que se entregan a continuación. Además, en los Anexos A.1 y A.2 se entregan nociones de Primeros Auxilios y una descripción de los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano.

1.2.1 Precauciones Mínimas

Para el trabajo en el laboratorio se exigirá tomar las siguientes precauciones mínimas:

- i) Presentar un diagrama con el circuito experimental a usar. Incluir en el diagrama los instrumentos que corresponda.
- ii) Ubicar ordenadamente los instrumentos y cables sobre el mesón de trabajo para prevenir accidentes a personas y/o equipos.
- iii) Una vez armado el circuito en que se trabajará, pedir una revisión del mismo por parte del ayudante.
- iv) Energizar el circuito una vez obtenido el visto bueno por parte del ayudante.
- v) Con el circuito energizado, sólo efectuar lectura de instrumentos. No hacer ninguna modificación al circuito, agregar y/o sacar instrumentos, sin desenergizarlo antes.
- vi) Utilizar conexiones de tierra (masa) de equipos e instrumentación cuando corresponda.
- vii) Cualquier operación que merezca duda, consultarla antes con el ayudante.

1.2.2. Otras recomendaciones

Además, se recomienda:

- i) Utilizar en lo posible zapatos con planta de goma y, cuando sea necesario, guantes de seguridad.
- ii) No utilizar ropas que presenten peligro para el trabajo propio del laboratorio (en particular con máquinas rotatorias).
- iii) Tomar nota de ubicación de interruptores generales, extintores y otros elementos de seguridad que se indicarán en la primera sesión.
- iv) Rechazar e informar de instrumentos y equipos en mal estado.

1.2.3. Acciones a tomar en caso de accidentes por electrocución

Ante un accidente por electrocución, las acciones inmediatas a tomar son las siguientes:

- i) **CORTAR INMEDIATAMENTE LA ENERGIA ELECTRICA.** (En la primera sesión se indicará la ubicación de los interruptores principales del Laboratorio).
- ii) Si lo anterior no fuera posible, por ejemplo por estar distantes los interruptores, se debe **SEPARAR AL ACCIDENTADO DEL CONDUCTOR.** Para ello, emplear algún utensilio aislante, como un trozo de madera, una chaqueta gruesa, etc.
- iii) Con el accidentado recostado sobre una superficie dura, **aplicar procedimientos de “Resucitación”** (ver Anexo A.1).

1.3 DESCRIPCION DE LA INSTALACION ELECTRICA DEL LABORATORIO

El trabajo de laboratorio se desarrolla en el zócalo del Departamento de Ingeniería Eléctrica, donde se ubica el Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

La instalación del Laboratorio dispone de un Tablero General Trifásico y un Tablero General de CC, este último alimentado desde el tablero trifásico mediante rectificadores de potencia. Desde estos Tableros Generales, se alimentan diversos Tableros de Distribución murales individuales, en los que se dispone de:

- Voltaje de CA trifásico de 380 V_{ff}
- Voltaje de CA trifásico de 220 V_{ff}
- Voltajes continuos de 440V, 220V y 110V.
- Voltaje de CA monofásico de 220 V para instrumentación.

Los Tableros Generales y los Tableros de Distribución mencionados disponen de interruptores automáticos, diferenciales y botones de desconexión de emergencia (“botones de pánico”), tal de conseguir la mayor seguridad posible para los usuarios, instrumentos y equipos.

Un diagrama unilineal simplificado de los tableros generales se ilustra en la Fig.1.1. Los voltajes de salida trifásicos y continuos de estos tableros, van a los diferentes Tableros de Distribución murales individuales.

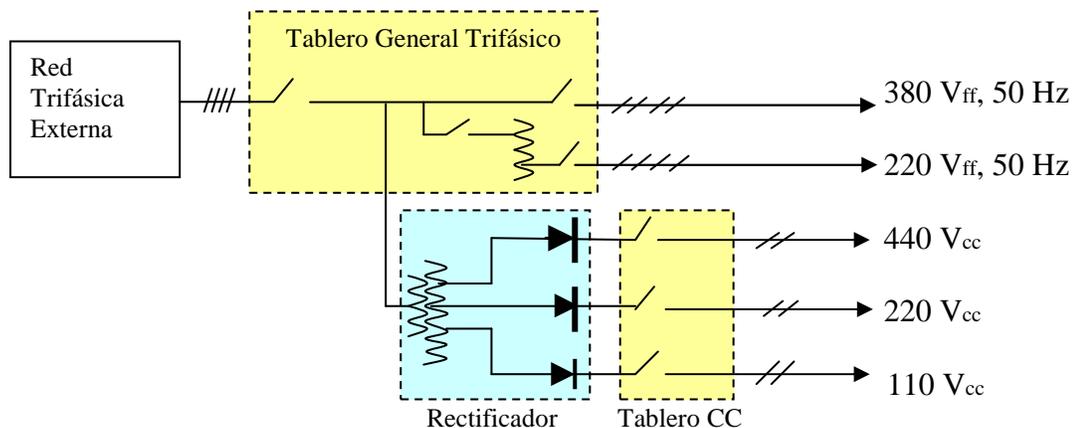


Fig.1.1. Diagrama Unilineal simplificado.

Cabe indicar que los equipos e instrumentos con que trabajan los alumnos no se conectan directamente a los Tableros de Distribución, sino a Tableros portátiles que se ubican sobre el mesón de trabajo y se alimentan desde alguno de los Tableros de Distribución, como se muestra en la fotografía de la Fig.1.2.



Fig.1.2.- Tablero portátil

En el Anexo A.5 se ilustran y describen en más detalle los tableros generales y de distribución, con sus protecciones y características relevantes.

1.4 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA ELABORACION DE INFORMES

El Informe a elaborar, después de realizada cada una de las experiencias de laboratorio, deberá considerar el análisis de los resultados obtenidos en cada una de las partes del trabajo experimental, en el mismo orden en que se presentan en las guías respectivas. Se deberán incluir conclusiones y comentarios al respecto, discutir los resultados y efectuar, si es el caso, una comparación con los valores que se esperarían teóricamente.

Es recomendable incluir un Resumen con los principales valores y conclusiones obtenidas.

Para la evaluación del Informe se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- i) **Presentación** (títulos, subtítulos, tablas, gráficos, ortografía, redacción, etc.)
- ii) **Antecedentes** (objetivos e introducción teórica; máximo 3 páginas)
- iii) **Desarrollo Experimental y Análisis de Resultados** (Primero identificar las máquinas e instrumentos utilizados y luego, para cada punto del trabajo de laboratorio, incluir: circuito experimental, condiciones de la prueba, datos experimentales, cálculo de parámetros, curvas experimentales y análisis de resultados; en el análisis se dará énfasis a la **comparación del comportamiento experimental obtenido, con el comportamiento teórico pronosticado** por los modelos circuitales)
- iv) **Conclusiones** (Conclusiones generales, comentarios, discusiones y/o sugerencias)

Otros aspectos de interés, que deben considerarse en forma particular para el Informe de cada experiencia, se indican en las guías respectivas.

La corrección considerará las siguientes ponderaciones:

- Presentación = 10%
- Antecedentes = 10%
- Desarrollo experimental y análisis de resultados = 70%
- Conclusiones = 10%

En el Anexo A.4 se detallan los aspectos a considerar en la corrección de los informes.

Por otra parte, la nota del Informe corresponde a un 75% de la nota de la experiencia respectiva. El otro 25% corresponde a la nota de una Interrogación breve que se efectuará previo a cada experiencia, para verificar si el grado de preparación de la misma es adecuado.

ANEXO A.1

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE PRIMEROS AUXILIOS

Cuando ocurre una emergencia extremadamente grave, como por ejemplo un traumatismo por accidente o una quemadura eléctrica, se produce casi simultáneamente paro cardíaco y paro respiratorio. En el momento en que se producen ambos, la persona está virtualmente muerta.

Sin embargo, si logramos reemplazar el latido del corazón y la respiración en forma artificial, podemos evitar que, durante algún tiempo (alrededor de 20 minutos), se produzca una muerte cerebral.

Esto puede dar tiempo para que el afectado logre ser asistido con recursos médicos que lo puedan resucitar.

Hay que tener presente que un masaje cardíaco y una respiración artificial oportunos pueden, en ocasiones, lograr que la persona se recupere espontáneamente.

RESPIRACION ARTIFICIAL

En un caso de emergencia, el método más efectivo para hacer entrar aire en los pulmones cuando la respiración natural se ha interrumpido, es la respiración artificial.

Existen tres métodos de hacer respiración artificial: por medios mecánicos, manuales o de insuflación.

Sea cual sea el método aplicado, hay que cumplir ciertas etapas:

1. Preparación del accidentado: sacar de inmediato cualquier objeto o flema que se halle en la cavidad bucal o en la garganta.
Colocar a la persona en posición decúbito dorsal (acostado boca arriba en una superficie lisa y dura)
2. Aplicación de la respiración artificial como tal, que puede durar horas.
3. Cuidado y atención del afectado, después que se encuentre a salvo.

Indicaciones generales:

- Esta operación debe ser rápida y efectiva. Hay que estar consciente de que se trata de salvar la vida de un ser humano, pero no hay que ponerse nervioso, ni perder el control sobre sí mismo.
- La aplicación debe ser rítmica y continuada y debe prolongarse durante el tiempo que sea necesario.
- Cuando note que el afectado empieza a respirar por sí solo, adapte sus movimientos a los de él.
- Si no se recupera, trasládalo a un centro médico y durante el trayecto continúe con la respiración artificial sin interrumpirla en ningún momento. De todas formas, si recobra la respiración natural, esté atento y vigile todas sus reacciones para reanudar en cualquier momento la respiración artificial.
- Durante el proceso de resucitación, el accidentado debe mantenerse arropado.

Método boca a boca

Es el método más práctico y eficaz. Como regla general, no es aconsejable practicarlo durante más de veinte minutos seguidos.

¿Cómo actuar?

- . Coloque al paciente accidentado en posición horizontal con la cabeza recta y hacia atrás.
- . Luego, con una mano apriete la nariz y con la otra ábrale bien la boca, afirme el mentón y parte del maxilar inferior. Junte la boca del accidentado con la suya, bien apretada, y luego sople con fuerza.

Retire su boca y vuelva a llenarse los pulmones de aire, para entregárselo nuevamente al ahogado.

Repita esta operación unas doce a quince veces por minuto. Si se aplica a un niño, deben ser veinte veces por minuto; y en un recién nacido, muy suavemente, unas veinticinco por minuto.

Método boca a nariz

En el supuesto que el individuo tuviera las mandíbulas muy contraídas y no se le pudiera abrir la boca, se sopla el aire por la nariz. Los labios deben mantenerse muy apretados para que no se escurra el aire.

Masaje Cardíaco

El objetivo del masaje al corazón es reactivar el funcionamiento de este importante órgano, cuando ha dejado de latir.

Las manipulaciones se realizan comprimiendo el corazón entre el esternón (por delante) y la columna vertebral (por atrás).

Situaciones en que debe efectuarse el masaje cardíaco

- El accidentado ha perdido el conocimiento.
- No se palpa el pulso.
- No respira o respira a intervalos.
- Tiene las pupilas dilatadas.
- Hay aspecto de muerte.

¿Cómo efectuarlo?

- Se tiene al afectado de espaldas sobre el piso, una mesa u otra superficie dura (un colchón blando no sirve).
- Se le mantienen las piernas suspendidas.
- Luego, el asistente que va a realizar el masaje, debe colocar su mano derecha sobre el tercio inferior del esternón, y sobre ella cruza su mano izquierda y la pone encima.
- Con los brazos rígidos, con fuerza, se hace presión hacia abajo en forma rápida y brusca. De inmediato se suelta de golpe

Esta maniobra se repite con una cadencia de 60 a 90 veces por minutos en los adultos; y de 80 a 100 en los niños.

El afectado emitirá un quejido cada vez que se le haga esta compresión. Si no reaccionara así, quiere decir que el movimiento no está surtiendo efecto, y que se debe presionar con más fuerza.

El masaje cardíaco se combina con la respiración artificial. Se hacen cuatro compresiones a razón de una respiración y debe ponerse especial cuidado que la respiración artificial preferentemente la haga una persona y el masaje cardíaco otra.

Al cabo de unos minutos debemos comprobar si el corazón ha vuelto a latir. Para eso, realizamos una breve pausa para palpar el pulso en las arterias del cuello o para poner oído sobre el corazón y confirmar si efectivamente está latiendo.

Si el masaje ha surtido el efecto esperado, se suspende la operación y se traslada al afectado al centro hospitalario más cercano. Durante el trayecto se palpa constantemente el pulso y se vigila que la respiración sea normal. Hay que estar atento para repetir la maniobra en cualquier momento.

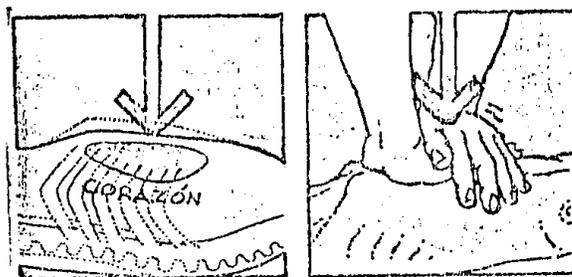
Método boca a boca



Método boca a nariz



Masaje Cardiaco



ANEXO A.2

EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO

La gravedad de las lesiones que recibe una persona, cuando se vuelve parte de un circuito eléctrico, está determinada por tres factores principales:

- 1) Magnitud de la corriente que circula por el cuerpo.
- 2) Trayectoria de la corriente por el cuerpo.
- 3) Tiempo en que el cuerpo forma parte del circuito.

Ahora bien, para darnos una idea aproximada de los efectos de la corriente eléctrica al pasar por el cuerpo humano, incluimos a continuación una tabla que relaciona dichos efectos con la intensidad en “miliamperes”.

MILIAMPERES	EFFECTOS DE LA CORRIENTE
0 – 1	Umbral de percepción
1 – 8	Sorpresa fuerte, sin perder control muscular.
9 – 15	Reacción violenta, separándose del objeto.
16 – 50	Paralización muscular fuertes contracciones y Dificultad para respirar.
51 – 100	Puede causar fibrilación ventricular.
101 – 200	FATAL, SIEMPRE CON FIBRILACION VENTRICULAR
201 o más	Fuertes contracciones que oprimen el corazón evitando la fibrilación ventricular, produciendo quemaduras y bloqueo nervioso.

De esta tabla, se puede apreciar que existe una diferencia de sólo 100 miliamperes entre una corriente que puede ser sentida y una que puede ser **FATAL**; y que la razón entre una intensidad de corriente que apenas puede sentirse y una peligrosa, es del orden de 1:5. En cambio, la **resistencia eléctrica** que presenta una persona en contacto con partes “vivas” de circuitos de bajo voltaje, tal que la persona no puede soltarse o no es rescatada, es mucho mayor que cinco veces, entre otras cosas porque la razón entre la resistencia de una piel seca y una piel mojada por agua o sudor es en promedio del orden de 30 veces.

Cabe indicar que en **accidentes por bajo voltaje** existen muchas más posibilidades de fibrilación ventricular, en la que como se sabe, existe un 99% de posibilidad de muerte.

Por otra parte, **accidentes en alto voltaje** causan por lo general parálisis del centro respiratorio, y muchas víctimas se salvan mediante la aplicación de respiración artificial.

La cantidad de corriente que fluye por el cuerpo está determinada por la resistencia de éste (especialmente la resistencia de la piel misma en el punto de entrada y salida) y el grado en que el cuerpo está aislado de la corriente o resistencia de contacto.

Cuando la piel está seca, puede presentar resistencia hasta de 600.000 Ohms, dependiendo del grueso de la misma y de otros factores personales. La humedad de la piel varía dentro de amplios límites; entre otros, dicha variación depende de las condiciones de temperatura del centro laboral, lo que determinará la cantidad de transpiración producida. En estos casos la resistencia de la piel al paso de la corriente eléctrica baja radicalmente hasta una cifra aproximada de 1.000 Ohms. Por otra parte, si se trabaja en superficies húmedas o si existe una herida en la piel, la resistencia puede bajar en algunos casos a unos pocos cientos de Ohms.

Ahora bien, con respecto a la trayectoria de la corriente a través del cuerpo, las lesiones dependen si la corriente pasa a través de órganos vitales, particularmente corazón y pulmones. Por otra parte, el tiempo en que el cuerpo permanece conectado a un circuito también es importante, motivando la gravedad de las quemaduras. Estas acaban con la resistencia de la piel y entre más grave sea la quemadura mayor será el amperaje y más severo el golpe eléctrico, ya que la resistencia disminuye al deteriorarse ésta.

Para el caso de los ejemplos que veremos a continuación, tomaremos dos valores promedio de resistencia de la piel, uno para Piel Húmeda y otro para Piel Seca:

RESISTENCIA MEDIA PIEL HUMEDA.....11.000 Ohms.
RESISTENCIA MEDIA PIEL SECA.....330.000 Ohms.

Vamos a suponer un caso frecuente en que una persona con las manos transpiradas, entra en contacto con un circuito de 220 volts. En este caso y aplicando la ley de Ohm, tendríamos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{11000} = 0,02 \text{ Amperes} = 20 \text{ Miliamperes}$$

Según la tabla anterior, en este caso estaríamos en presencia de un accidente que provocaría fuertes contracciones y dificultad respiratoria, pudiendo agravarse esto de acuerdo a la naturaleza del contacto. Ahora bien, tomando el mismo caso pero con piel seca tendríamos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{220}{330.000} = 0,0066 \text{ Amp.} = 0.66 \text{ Miliamperes}$$

Este contacto y la corriente circulante correspondiente caen dentro del umbral de percepción y por lo tanto no traería mayores consecuencias. En todo caso es conveniente dejar claramente establecido que **NO HAY VOLTAJE QUE NO SEA PELIGROSO**, ya que la acción de la corriente sólo va a depender del contacto que se establezca y de las características del medio donde se produce el accidente.

Ahora veremos qué sucedería si nuestro ejemplo lo llevamos a un contacto entre fases de un circuito trifásico, es decir, donde exista una diferencia de potencial de 380 V, y consideramos una resistencia típica del cuerpo humano $R = 5.000\Omega$.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{380}{5.000} = 0.076 \text{ Amp.} = 76 \text{ Miliamperes}$$

Este resultado indica que habrían consecuencias con alto riesgo fatal.

ANEXO A.3

PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL OSCILOSCOPIO

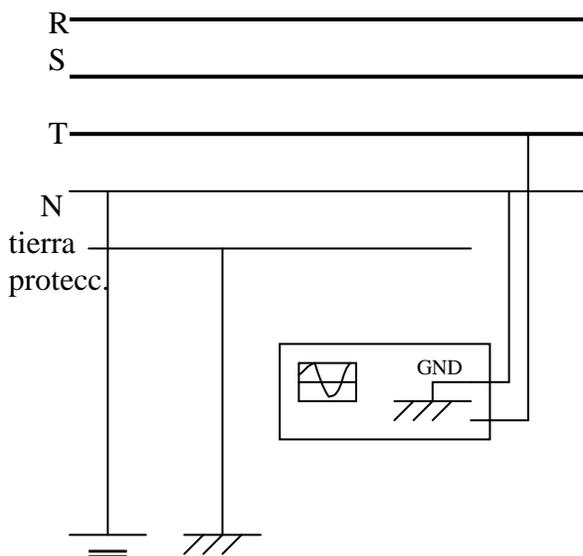
Una medida de protección que se utiliza en los equipos, para reducir la posibilidad de contacto con un punto energizado por parte del usuario, es la conexión directa de su carcasa o estructura metálica a la “tierra de protección” (a través del tercer terminal -central- del enchufe). Y a su vez, tanto la línea de tierra de protección como la línea del neutro del sistema están conectadas al terreno.

En el caso del osciloscopio, la tierra del equipo (GND) también está conectada a la carcasa; es decir, al tomar cualquier muestra de señal, hay que considerar que el terminal GND de la punta del osciloscopio corresponde directamente a la tierra del sistema.

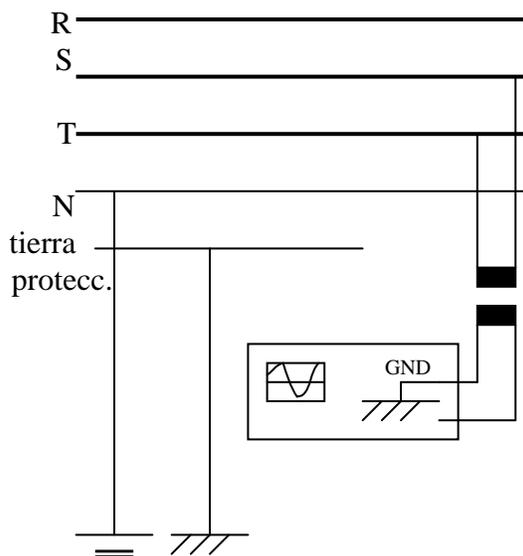
Así, para tomar una muestra de tensión fase-neutro de la red, deberá conectarse el terminal GND del osciloscopio al neutro de la red, pues su diferencia de potencial es nula, como ilustra la figura (a). Por el contrario, si la muestra de tensión ha de tomarse en puntos tales, que en ambos exista diferencia de potencial respecto de tierra (por ejemplo entre dos fases), deberá utilizarse un transformador de potencial (T/P) que aisle estos puntos respecto a tierra, tal como se muestra en la figura (b).

Muestras de Tensión

(a) Tensión fase – neutro



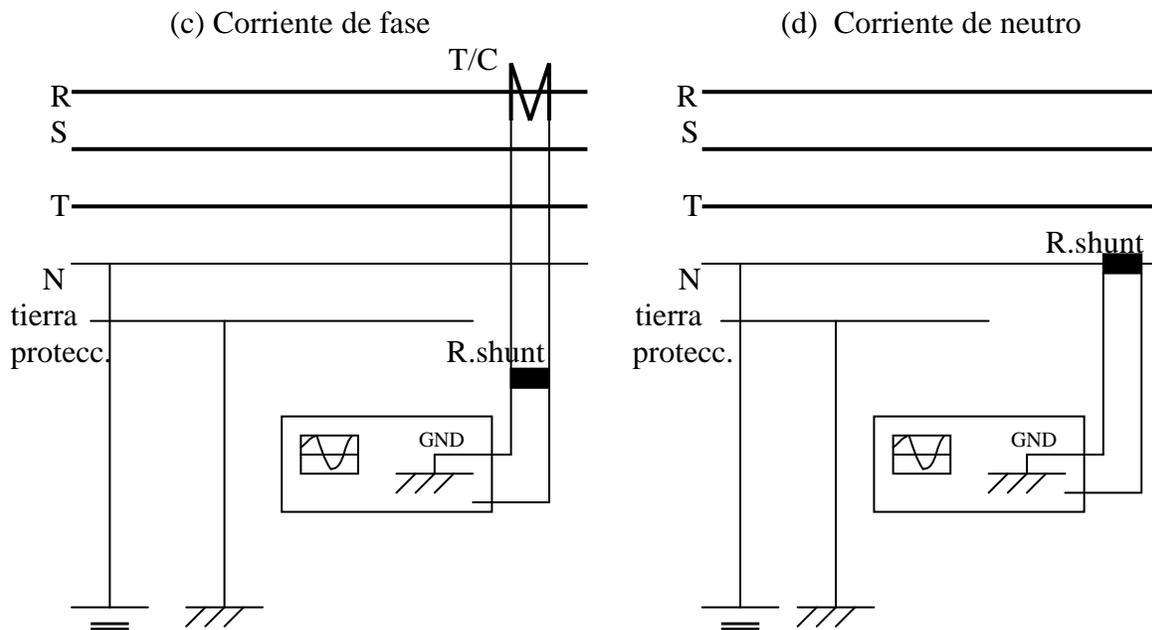
(b) Tensión fase - fase



Para tomar muestras de corriente con el osciloscopio, se debe intercalar en el circuito una resistencia calibrada de muy bajo valor en Ohms (resistencia “shunt”) y la muestra que se toma con el osciloscopio es la caída de voltaje en dicha resistencia; la corriente, obviamente será proporcional a dicha caída de voltaje. Así, si se trata de tomar una muestra de corriente en un conductor que tenga diferencia de potencial con respecto a tierra (por ejemplo corriente de fase), deberá utilizarse un transformador de corriente (T/C) en la línea a medir, y en su secundario conectar la resistencia shunt donde se conectará la punta del osciloscopio sin peligro, como muestra la figura (c). Alternativamente, esta medida puede hacerse sin T/C si se desconecta la carcasa del osciloscopio de la tierra de protección (es decir, no se usa el terminal central del enchufe), lo cual conlleva el riesgo de tener eventualmente la carcasa energizada.

Y finalmente, si el conductor no tiene diferencia de potencial con respecto a tierra (por ejemplo corriente por el neutro), se puede intercalar en éste la resistencia shunt y conectar allí directamente la punta del osciloscopio, como muestra la figura (d).

Muestras de Corriente



ANEXO A.4

PAUTA PARA CORRECCION DE INFORMES

Para la corrección del Informe, el corrector tomará en cuenta los siguientes aspectos y ponderaciones en la nota:

v) **10% : Presentación**

Considerar la estructura (títulos, subtítulos), la presentación adecuada de resultados (tablas bien estructuradas y gráficos adecuadamente acotados), ortografía, redacción, etc.

vi) **10% : Antecedentes**

Verificar que se incluyan: planteamiento de objetivos (en lo posible incluyendo objetivos adicionales a los que salen en la guía) e introducción teórica (la que debe ser breve – apoyada en referencias bibliográficas – y centrada en las ecuaciones teóricas que se utilizarán en el análisis de los resultados; en lo posible un máximo 4 páginas)

vii) **30% : Desarrollo Experimental**

Revisar que se incluyan correctamente al menos los siguientes aspectos:

- Primero identificar las máquinas e instrumentos utilizados.
- Luego, para cada punto del trabajo de laboratorio, incluir: circuito experimental (mostrando e identificando fuente de alimentación, equipos, instrumentos, conexiones, interruptores, etc.), condiciones de la prueba, datos experimentales presentados en tablas y/o curvas (recordar que los puntos experimentales en los gráficos en realidad son trazos que consideran el error de la medida), cálculo de parámetros. En lo posible deben expresar los valores que corresponda en %/1.

viii) **40% : Análisis de Resultados**

El análisis de resultados puede hacerse inmediatamente después de presentar los resultados de cada punto del trabajo de laboratorio, o bien después de presentar el total del desarrollo experimental.

Para el análisis se debe verificar que se incluyan aspectos como:

- Análisis de valores de parámetros circuitales comparados con valores típicos.
- Comparación del comportamiento experimental del equipo ensayado (corrientes, voltajes, potencias y otros valores medidos), con el comportamiento teórico que pronostica el circuito equivalente (planteado con los parámetros determinados de las pruebas respectivas). Discusión respecto al grado de confiabilidad del modelo circuital u otras causas que justifiquen eventuales diferencias.
- Análisis teórico experimental de otros aspectos medidos en el laboratorio: armónicas, saturación magnética, etc.

ix) **10% : Conclusiones**

Revisar que se destaquen los principales resultados numéricos (en lo posible que se incluya un resumen), en base a los cuales se entreguen conclusiones generales, comentarios respecto a cómo se debiera haber procedido para tener mejores resultados, discusiones y/o sugerencias para mejorar la guía de la experiencia y el trabajo de laboratorio respectivo.

Las ponderaciones dentro de cada item, las definirá el corrector.

ANEXO A.5

INSTALACION DEL LABORATORIO DE MAQUINAS

En la Fig. siguiente, se ilustra aproximadamente el diagrama unilineal de la instalación del Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

La energía eléctrica llega al **Tablero General** trifásico, en 380 V_{ff}, 50Hz, desde la S/E de la FCFM. Así, este TG trifásico entrega 380 V_{ff}, y mediante un autotransformador, también entrega 220 V_{ff}. Estos 2 niveles de voltaje trifásico se llevan hasta los diversos Tableros de Distribución del Laboratorio. Además el TG trifásico entrega 380 V_{ff} a un Rectificador Trifásico, de donde se obtienen 3 niveles de voltaje continuo: 440 V_{cc}, 220 V_{cc} y 110 V_{cc}, los que se llevan hasta un **Tablero de CC** y de allí hasta los Tableros de Distribución.

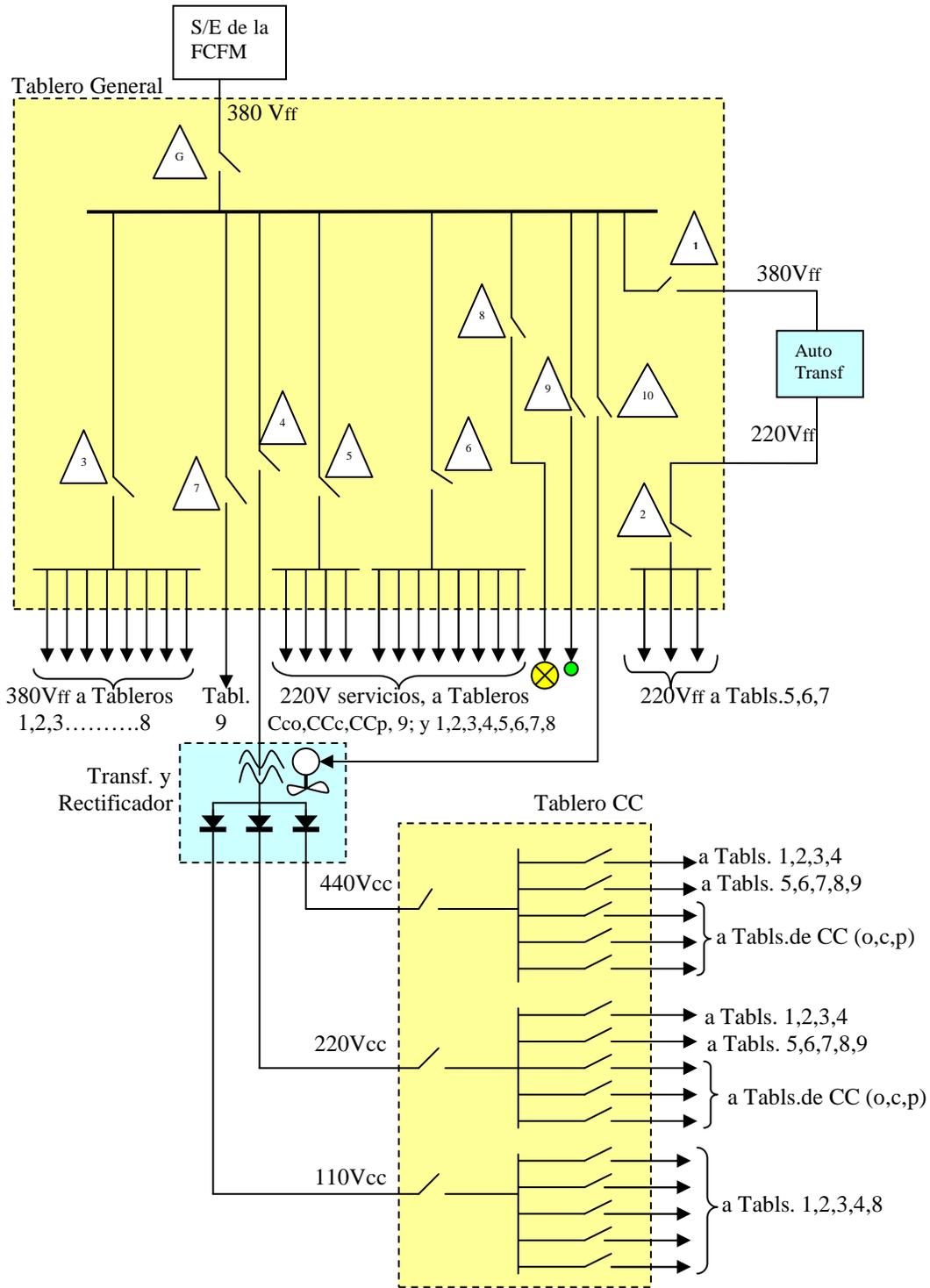
Los Tableros de Distribución murales existentes disponen de los siguientes voltajes:

- **Tablero 1:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero 2:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero 3:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero 4:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero 5:** dispone de 380V_{ff}, 220V_{ff}, 440V_{cc} y 220V_{cc}.
- **Tablero 6:** dispone de 380V_{ff}, 220V_{ff}, 440V_{cc} y 220V_{cc}.
- **Tablero 7:** dispone de 380V_{ff}, 220V_{ff}, 440V_{cc} y 220V_{cc}.
- **Tablero 8:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero 9:** dispone de 380V_{ff}, 440V_{cc}, 220V_{cc} y 110V_{cc}.
- **Tablero CCo:** dispone de 440V_{cc} y 220V_{cc}.
- **Tablero CCc:** dispone de 440V_{cc} y 220V_{cc}.
- **Tablero CCp:** dispone de 440V_{cc} y 220V_{cc}.

Cabe destacar que todos los Tableros de Distribución murales anteriores disponen además de:

- Una salida de 220V_{fn} para servicios
- Un interruptor de emergencia o “botón de pánico”. El sistema de control es tal que pulsando este botón, se desenergizan todas las salidas del Tablero respectivo.

Por otra parte, debe indicarse que para la realización de experiencias, no es posible conectar equipos e instrumentos directamente a los Tableros de Distribución murales, sino que debe conectarse un **Tablero portátil** al TD mural, y las salidas de estos tableros portátiles sí están adaptadas para conectar equipos e instrumentos (ver Fig.1.2. del capítulo 1).



-  : iluminación ubicada en perímetro de la sala del laboratorio.
-  : salidas del TG a botones emergencia de todos los tableros de Distribución
-  : ventilador del rectificador.
-  : interruptores automáticos