

ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

El GFI o Interruptor de Falla a Tierra Aplicado a la Seguridad de Equipos Eléctricos y a la Protección Contra Corrientes de Fuga por Falla a Tierra.

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización “ELECTRÓNICA”**

Presentado por:

Enrique Antonio Jiménez Medina

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2006

DEDICATORIA

ESTE PROYECTO SE LO
DEDICO PRIMERO A DIOS QUE
ME LO HA DADO TODO.

A MI ESPOSA Y A MIS HIJOS
QUE SUPIERON COMPRENDER
EL ESFUERZO QUE ME COSTÒ
ALCANZAR ESTA META.

Y POR ÚLTIMO A MIS PADRES
QUE SIEMPRE ME APOYARON Y
ME INSISTIERON PARA QUE
CONSIGA ESTE TÍTULO.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica y a sus profesores en especial al Ing. Miguel Yapur por todas sus enseñanzas y conocimientos impartidos.

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Gustavo Bermúdez
Decano de la FIEC
Presidente del Tribunal

Ing. Miguel Yapur A.
Director de Tesis

Ing. Holger Cevallos U.
Subdecano de la FIEC.
Vocal

Ing. Juan Gallo
Vocal

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL

Enrique Jiménez M.

RESUMEN

Todos conocemos los riesgos eléctricos que existen debido a corrientes de fugas.

Normalmente ocurren porque no se les da el debido mantenimiento a los equipos tanto en el área de la construcción, en el área industrial, como en el área residencial.

Realmente nadie en este país se preocupa por la seguridad eléctrica ya sea para protección de los equipos, como para protección de las personas que manipulan estos equipos.

Analizando los beneficios de usar el GFI, me he dado cuenta que es un producto que se debería aplicar en muchas áreas como dispositivo de seguridad.

En otros países del mundo la seguridad sea industrial, o residencial esta supervisada y controlada por organismos que regulan las distintas instalaciones y construcciones, para que sean mas seguras y así poder evitar muertes innecesarias debido a errores por falta de seguridad.

Por eso he diseñado un dispositivo que nos permite detectar cuando hay una corriente de fuga, y poder con este dispositivo proteger a los equipos y a las personas que los manipulan de quedar electrocutados y evitar daños en los equipos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1.1 CONCEPTOS DE SEGURIDAD ELECTRICA.

1.1.1. Tipos de corriente de fuga.

1.1.2. Medición de fugas de corriente.

1.1.3. Línea de tierra física para protección

1.1.4. Listado de seguridad eléctrica.

1.2 SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS

1.2.1. Tipos de fallas eléctricas.

1.2.2. Elementos de protección.

1.2.3. Tipos de tierra en las instalaciones eléctricas.

1.2.4. Efectos de la corriente sobre el cuerpo humano.

CAPITULO 2

2.1 FUNCIONAMIENTO DEL GFI.

2.2 APLICACIONES Y USOS DEL GFI.

CAPITULO 3

3.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO DEL GFI.

3.2 DESCRIPCION DE CADA UNO DE LOS BLOQUES.

3.2.1 Bloque A o de conmutación.

3.2.2 Bloque B o de censado.

3.2.2.1 Calculo del número de vueltas de la bobina.

3.2.3 Bloque C o de control de corriente.

3.2.4 Bloque D o de control de conmutación.

3.2.5 Características adicionales.

3.2.5.1 Pulsador de Reset

3.2.5.2. Pulsador de Test

3.2.5.3. Led de Neon

3.2.5.4. Varistor.

3.3 DIAGRAMA GENERAL DEL GFI.

CAPITULO 4

4.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO LM1851.

CAPITULO 5

5.1 COSTOS DE FABRICACION DEL GFI.

5.2 TABLA DE COSTOS DE FABRICACION.

CAPITULO 6

6.1 MEDICIONES DEL CIRCUITO.

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

MANUAL DEL USUARIO

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

A	Amperios
AC	Corriente Alterna
C	Capacitor
D	Diodo
G	Gate
GND	Tierra
GFI	Ground Fault Interruptor
Q	Transistor
R	Resistencia
Rset	Resistencia de sensibilidad
L	Linea
N	Neutro
I	Corriente
N	Numero de vueltas
NA	Normalmente Abierto
DC	Corriente Continua
F	micro faradios
mA	mili amperios
V	Voltios
W	Watios

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Tipos de Corriente de Fuga según las Instalación
Figura 3.1	Diagrama de Bloques del GFI
Figura 3.2	Relación de vueltas del transformador
Figura 3.3	Toroide y Relación del Transformador.
Figura 3.4	Diagrama Esquemático del GFI
Figura 6.1	Diagrama de mediciones de voltajes del circuito del GFI.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Valor Tolerado de Corriente de Fuga.

Tabla 1.2 Tabla de Seguridad Eléctrica

Tabla 5.1 Tabla de Costos de Fabricación

CAPITULO 1

1.1 CONCEPTOS BASICOS DE SEGURIDAD ELECTRICA.

1.1.1 Tipos De Corriente De Fuga.

Los chequeos de seguridad eléctrica mas comunes, son la corriente y la resistencia del cable de la tierra física. Los tipos de corriente de fuga en un equipo medico se representa en la figura 1.1:

En la figura de la tabla 1.1 se presentan los valores tolerados por el ser humano de corrientes de fuga en equipos médicos.

UNIDAD DE MEDICION (m A)

RUTA	TIPO B		TIPO BF		TIPO CF	
	CN	CD	CN	CD	CN	CD
VIA TIERRA FISICA	0.5	1	0.5	1	0.5	1
VIA SUPERFICIE DEL EQUIPO	0.1	0.5	0.1	0.5	0.01	0.5
VIA DEL PACIENTE 1	----	0.5	0.1	0.5	0.01	0.05
VIA DEL PACIENTE 2	----	5	-----	-----	-----	-----
VIA DEL PACIENTE 3	----	-----	-----	5	-----	0.05

TABLA 1.1 Valor Tolerado de Corrientes de Fuga

Tenemos varios tipos de corrientes de fuga, dependiendo del tipo de conexión que tenga el equipo médico con el paciente; y el equipo médico, con la fuente de corriente.

Tenemos el tipo B.- Es cuando el equipo se aplica solo en la superficie del paciente.

Tenemos el tipo BF.- El equipo se aplica solo en la superficie del paciente y la tierra física del equipo esta flotante.

Tenemos el tipo CF.- Es cuando el equipo se aplica directamente al corazón del paciente y la tierra física del equipo

esta flotante, este tipo de conexión es para que el paciente no tenga micro choques, o fibrilación del corazón.

Fuga Vía Tierra Física. Si el enchufe de corriente tiene tres patas, sabemos que uno de ellos es para la línea de la tierra física que sirve para seguridad de los equipos y de las personas, si se diera el caso de un corto circuito. La corriente que recorre esta línea debe ser menor que 0.5 mA, cuando la condición de los equipos es normal. Cuando una línea de tierra está cortada, la corriente tiene que ser menor a 1 mA.

Fuga Vía Superficie del Equipo.- Es la corriente que recorre desde la superficie del equipo hacia la tierra física vía la persona que tiene contacto con la superficie, sea paciente o usuario. Esta corriente debe ser menor a 0.1 mA normalmente. Cuando la línea de la tierra de la tierra física esta cortada, debe ser menos que 0.5 mA.

Fuga de corriente vía paciente 1.-Esta corriente recorre desde el equipo hacia la tierra vía el cable o desde el electrodo conectado al paciente y a través del paciente, hasta la tierra física. En caso del tipo B y BF, normalmente tiene que ser

menos que 0.1 mA cuando la línea de tierra física está cortada, la corriente de fuga debe ser menos que 0.5 mA en el caso del tipo cf, normalmente tiene que ser menor a 0.01 mA.

Fuga de corriente vía paciente 2.- Esta corriente es la que se fuga través del paciente, pero solamente cuando está descompuesto un equipo externo que está conectado con la entrada; y la salida de señal del equipo, y se alimenta del voltaje comercial de 110 voltios. En la entrada y salida de la señal esta corriente recorre desde el equipo hacia la tierra vía el cable o desde el electrodo conectado al paciente y también a través del paciente.

1.1.2 Medicion De Las Corrientes De Fuga.

Fuga De Corriente Vía Tierra Física.-Vamos a considerar el caso que el enchufe tenga dos patas y funcione en condición normal. Primero para medir las corrientes de fuga conectamos el chequeador de corriente de fuga entre el Terminal de la tierra física del equipo y la Terminal de la pared, a continuación lo que hacemos es encender el equipo y medir la corriente, luego cambiamos la polaridad del adaptador de dos patas y tomamos la medición nuevamente. La medición más alta es la fuga de

corriente, y este valor debe ser menor que lo indicado en la tabla 1.1 de valores tolerados.

Asumiendo una parte del equipo esta descompuesta o que la línea de tierra este cortada del cable de alimentación, se realiza la misma conexión que en el circuito anterior pero no se conecta el enchufe al tomacorriente de la pared sino que utilizamos un adaptador de dos patas en el tomacorriente de la pared, y solo conectamos una pata del enchufe del cable de corriente al adaptador que esta conectado al tomacorriente. Con esto estamos simulando una situación ficticia de una parte descompuesta en el equipo, Luego encendemos el equipo y tomamos la medición de corriente, y luego cambiamos la polaridad del conector y medimos nuevamente. La que tiene mayor valor es la corriente de fuga, el valor tiene que ser menor que el indicado en la tabla 1.1 de valores tolerados.

Fuga de Corriente Vía Superficie del Equipo.- En el caso de enchufes de dos patas, y en condiciones normales la línea de tierra física del equipo debe ser 0a cero amperios. Por lo que no es necesario medir esta fuga, pero para seguridad el método es el siguiente: se conecta el enchufe del equipo en el

tomacorriente y la terminal de línea de tierra física del equipo también se conecta con la tierra física del edificio, luego encendemos el equipo y tomamos la medición de Corriente, verificando que el Terminal del probador del equipo este conectado con la parte metálica de la superficie, luego cambiamos la polaridad del adaptador conectado con el equipo y medimos nuevamente, y la que corriente de mayor valor es la corriente de fuga.

Fuga de Corriente Vía Paciente 1.- Esta medición es la más importante para la seguridad del paciente, es la fuga que recorre desde el equipo vía el paciente, en caso de que el enchufe sea de dos patas en condición normal la línea de tierra física del equipo debe estar conectado con la tierra, es decir la fuga debe ser _cero amperios y se mide así, conectar la espiga del equipo en el tomacorriente y la terminal de línea de tierra física del equipo también se conecta con la tierra física del edificio. La terminal del chequeador debe conectar con un cable del paciente, por ejemplo: si es un cardiógrafo, es el electrodo de cable inducido o el transductor de presión arterial. Luego encendemos el equipo y medimos la corriente y a continuación cambiamos la polaridad del adaptador conectado con el equipo

y medimos nuevamente la corriente y la que tiene mayor valor es la corriente fuga y el valor de dicha corriente, debe ser menor que lo indicado en la tabla 1.1.

Fuga de Corriente Vía Paciente 2.- Esta medición no se recomienda realizarla debido a que la parte de entrada y salida de la señal no está aislada podría ocurrir un cortocircuito y es muy peligroso.

1.1.3 Línea De Tierra Física Para Protección.

Algunos tipos de protección dependen de la manera en que se aplica la tierra física en el equipo. El reglamento japonés describe acerca de las líneas de tierra física para protección lo siguiente:

En el equipo con enchufe de 3 patas la resistencia entre el conector de tierra física y la superficie del equipo debe de ser menor que 0.2 ohmios. En los equipos que tienen un cable para tierra física la resistencia del cable tiene que ser menor a 0.1 ohmios.

Este reglamento es para que la corriente corra a tierra con mayor seguridad, con tal de que la línea de tierra física tenga

suficiente baja resistencia y también para que el cable de tierra física no se queme cuando ocurre un cortocircuito.

CHEQUEO VISUAL.- Chequear visualmente que la terminal del equipo y las patas de los conectores no estén oxidadas, chequear si no está salido el conector, si su recubrimiento no está roto y si la punta de cable física no esta rota o tiene deformación, chequear si el tomacorriente del equipo utiliza o no adaptador para 3 patas por que la tierra física tiende a estar desestabilizada, chequear que el adaptador no se caiga fácilmente, chequear que el cable de tierra física del adaptador deba estar conectado con la terminal de tierra física del edificio correctamente, y por ultimo chequear si el cable de tierra física es corto para conectar hasta la tierra física del edificio cambiar por un cable mas largo.

1.1.4. Listado De Seguridad Eléctrica.

En la tabla 1.2 que detallamos a continuación podemos llevar un chequeo de seguridad eléctrica para observar con estos datos la seguridad con que está funcionando el equipo o su mal funcionamiento.

Hospital _____		Departamento _____			
EQUIPO	MODELO		MARCA		
SERIE	NUMERO DE INVENTARIO		NOTA		
F. DE MEDICIÓN	NOMBRE DE MEDIDOR		FIRMA		
FUGA DE CORRIENTE (UNIDAD Y MEDIDA: μ A)					
	CONDICION NORMAL		CONDICION DE 1 PARTE DESCOMPUESTA		NOTA
ITEM DE FUGA	POLARIDAD DIRECTA	POLARIDAD INVERTIDA	POLARIDAD DIRECTA	POLARIDAD INVERTIDA	
F. VIA TIERRA FISICA					
F. VIA SUPERFICIE					
F. VIA PACIENTE 1					
F. VIA PACIENTE 2					
F. VIA PACIENTE 3					

Tabla 1.2 Listado de Seguridad Eléctrica

1.2 SEGURIDAD EN INSTALACIONES ELECTRICAS.

1.2.1 Tipos De Fallas Eléctricas.

Sobrecarga.- Se produce cuando la tensión o corriente supera el valor preestablecido como normal. Comúnmente estas sobrecargas se originan por exceso de consumos en la instalación eléctrica, las sobrecargas producen calentamientos excesivos en los conductores, lo que puede significar la destrucción de su aislamiento.

Cortocircuito.-Se originan por la unión fortuita de dos líneas eléctricas sin aislamiento. Durante un cortocircuito el valor de la intensidad de corriente se eleva de tal manera que los conductores eléctricos pueden llegar a fundirse en los puntos de falla, generando excesivo calor, chispas, con el riesgo de incendio, falla o fugas de corriente. Estas se producen por el envejecimiento de las aislaciones, los cortes en los cables de algún cable o conductor. En algunas ocasiones estas fallas no producen un cortocircuito, sino que en muchas ocasiones la corriente que se fuga sale a través de la superficie metálica de dichos aparatos quedando energizadas con el consiguiente peligro de shock eléctrico para los usuarios de aquellos equipos.

1.2.2 Elementos De Protección.

Existen varios tipos de protecciones diferentes, por lo general se utilizan los siguientes dispositivos de protección:

Fusibles.- Estos dispositivos interrumpen un circuito cuando existe una sobre Corriente quemando un filamento conductor. Los fusibles se emplean como protección para cortocircuitos y sobrecargas.

Interruptor Termomagnético.- Estos cuentan con un sistema magnético de respuesta rápida sobre corrientes abruptas o corto circuitos.

Interruptor o Protector Diferencial.- El interruptor diferencial es un elemento destinado a la protección de las personas contra los contactos indirectos. Se instala en el tablero después del interruptor automático del circuito que desea proteger. Un interruptor diferencial lo que hace es censar la corriente que circula por la fase y por el neutro, que en condiciones normales debiera ser igual. Si ocurre una fuga de corriente en algún artefacto eléctrico, es decir, el conductor de fase queda en contacto con alguna parte metálica y se origina una descarga a tierra, entonces la corriente que circulara por el neutro será menor a la que circula por la fase. Ante este desequilibrio el interruptor diferencial opera, desconectando el circuito para así evitar daños corporales y materiales. Estas protecciones se caracterizan por su sensibilidad o corriente de operación, es decir el valor de corriente de fuga a partir del cual comienzan a operar, comúnmente este valor es de 30 miliamperios.

Es muy importante recalcar que estas protecciones deben ser complementadas con un buen sistema de puesta a tierra, pues de no ser así, el interruptor diferencial solo percibirá la fuga de corriente en el momento en que el usuario toque la carcasa energizada de algún artefacto, con lo que no se asegura que la persona no reciba una descarga eléctrica.

1.2.3 Tierras De Servicio Y De Protección.

Tierra De Servicio.- La tierra de servicio consiste básicamente en conectar a tierra el neutro de la instalación eléctrica, comúnmente en el punto de empalme, mediante un electrodo de cobre o puede ser un enmallado.

Tierra De Protección.- La puesta a tierra de protección es uno de los elementos más importante de una instalación eléctrica, en lo que se refiere a protección de las personas contra contactos indirectos. Este sistema consiste en conectar a tierra todos los elementos conductores o carcazas de los equipos que, bajo condiciones normales, no deberían presentar tensiones de contacto peligrosas. Es para esto que a los enchufes llegan tres alambres, sean fase, neutro y tierra, lo que

permite que cada artefacto que sea enchufado a una toma de corriente pueda quedar conectado a la tierra de protección.

1.2.4 Efectos De Corriente Sobre El Cuerpo Humano

Dependiendo del material por donde circule la corriente puede causar desde un insignificante calentamiento en un cable o alambre conductor hasta producir graves quemaduras en el cuerpo humano o hasta un incendio. Los efectos en el cuerpo humano ya sean tetanización, quemaduras externas, internas, fibrilación ventricular, y hasta un paro cardiaco, dependen de diferentes factores como las características del ser humano, el entorno húmedo o seco, y por ultimo las características de la corriente que atraviesa el cuerpo.

Los efectos de la corriente sobre el ser humano son los siguientes:

Umbral De Percepción.- Este depende de varios parámetros tales como, área del cuerpo en contacto, condiciones del contacto, seco, mojado, temperatura y también de las características fisiológicas de las personas, los rangos son hasta 0.5 mA independiente del tiempo que este en contacto con la corriente.

Umbral De Desprendimiento.- Es cuando no se puede soltar o se queda pegado, es el valor máximo de corriente a la cual alguna persona agarrada a los electrodos o parte energizada puede desprenderse, un valor normal es de 10 mA se considera normal.

Umbral De Contracciones Musculares.- El valor mínimo de la corriente al cual causa fibrilación ventricular, es de aproximadamente de 10 a 30 mA. Normalmente ningún daño orgánico, ocurre en el ser Humano, puede haber la posibilidad de una tetanización y dificultades respiratorias con duraciones de corriente superiores a 2 segundos.

Umbral De Fibrilación Ventricular.- La fibrilación ventricular ocurre si ellas son excitadas por una corriente eléctrica, este valor depende de parámetros fisiológicos, es decir anatomía del cuerpo, estado del corazón, clases de corrientes, etc. Para shock eléctrico de menos de 0.1 seg la fibrilación puede ocurrir recién con corrientes mayores de 500 mA y para 3 seg de tiempo con solo 40 mA puede producir fibrilación es decir que a mas corriente menos tiempo ocurre el daño. La fibrilación es una de las principales causas de muerte, pero también ocurre

por asfixia o paros cardiacos, otros efectos son las contracciones musculares, dificultades de respiración, aumento en la presión.

Datos Comparativos Entre Intensidad De Corriente Y

Efectos Sobre El Cuerpo.

Hasta 1 mA.- Imperceptible para el hombre

De 2 a 3 mA.- Sensación de hormigueo en la zona expuesta.

De 3 a 10 mA.- Contracción involuntaria, el sujeto generalmente consigue liberarse del contacto, la corriente no es mortal.

De 10 a 50 mA.- La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos decrecientes a medida que aumenta su intensidad.

De 50 a 500 mA.- Corriente muy peligrosa en función creciente con duración del contacto, da lugar a la fibrilación ventricular, funcionamiento irregular del corazón.

Mas de 500 mA.- Decece la posibilidad de fibrilación pero aumenta el riesgo de muerte por parálisis de centros nerviosos.

CAPITULO 2

2.1 FUNCIONAMIENTO DEL INTERRUPTOR DE FALLA A TIERRA.(GROUND FAULT INTERRUPTOR).

El GFI es un circuito que nos permite controlar las corrientes de fuga en los equipos eléctricos. Su funcionamiento consiste en detectar cual es la diferencia de corriente entre la línea de fase y la línea neutra, es decir que si por la fase esta entrando una corriente de 15 A, debería estar saliendo por la línea neutro los mismos 15 A. Pero si no hay la misma cantidad de corriente a la entrada que a la salida, esta diferencia de corriente es detectada por una bobina que a base de campos magnéticos que se anulan cuando no hay fuga. En cambio cuando la bobina detecta una fuga a través de los campos magnéticos manda una orden al circuito para que se abra el circuito y se corte la corriente, permitiendo así que se pueda evitar cualquier daño material o corporal de alguna persona a través de la cual este atravesando la corriente de fuga a tierra.

Este GFI lo que permite es que como todos sabemos los equipos eléctricos por distintas circunstancias de uso se van dañando sus piezas, sus partes, sus aislamientos, sus contactos, los cable, y a través de la carcasa metálicas de los equipos se escapa la corriente. Todos sabemos que la corriente siempre busca el camino mas fácil para llegar a tierra, y si el individuo toca la carcasa o el cable de fuente de energía donde esta dañado por ese lado la corriente se va a escapar para llegar a tierra, atravesando a la persona, permitiendo que la corriente de fuga tome el camino con menor resistencia.

La ventaja que al tener un GFI conectado al tomacorriente de pared y el enchufe del equipo lo vamos a proteger de cualquier corriente de fuga o falla a tierra. Es importante para que el circuito del GFI funcione adecuadamente, tiene que existir una buena puesta a tierra del tomacorriente de la pared del edificio.

Este dispositivo nos va a permitir proteger los equipos médicos que podemos tener en un hospital o clínica tanto de sobrecargas, o mal funcionamiento debido a las fallas que se pueden presentar en los equipos por el tiempo de uso de los mismos. Ya vimos en el primer capítulo que pueden existir algunas formas de corriente de fuga

dependiendo de la forma de cómo este conectado el equipo al paciente, y dependiendo de que equipo este conectado al paciente.

También puede existir fuga de corriente a través de la parte metálica del equipo o a través de otros equipos conectados al paciente que son externos al equipo que le vamos a colocar el GFI. Los daños que puede ocasionar esta corriente de fuga pueden ser tanto humanos como a los mismos equipos. El GFI al detectar una corriente de fuga puede abrir el circuito permitiendo que la persona que se esta electrocutando, no sufra daños mayores debido a que en cuestión de segundos el GFI detecta la falla y permite el corte de suministro de corriente, permitiendo que el individuo no sufra daños mayores.

Los GFI sirven para detectar y prevenir incendios por que se detecta la fuga de corriente en cualquier lugar del circuito del edificio, cuando colocamos el dispositivo en la entrada de la caja de breakers. También nos sirve para proteger un equipo específico, de los contactos indirectos de corriente.

2.2 APLICACIONES Y USOS DEL GFI.

A menudo se escucha en la televisión de casos de incendios causados por corto circuito debido a malas instalaciones eléctricas y también de personas que mueren electrocutadas. La mayoría de estos casos se debe a la irresponsabilidad de los propietarios de los inmuebles que poseen instalaciones viejas, en mal estado o fueron realizadas por personas no calificadas. El objetivo del GFI es mejorar los estándares de seguridad y calidad de las instalaciones eléctricas. En todo proyecto de construcción eléctrica influyen mucho los parámetros financieros más que los parámetros técnicos de seguridad. Esto obliga a que se reduzca la calidad de las instalaciones y se exponga la seguridad por el simple hecho de ahorrar algo en el presupuesto. Cuanta gente muere electrocutada en la tina de baño porque el ingeniero colocó un tomacorriente sencillo de apenas \$3 dólares, que no va a proteger a una persona mojada y con los pies descalzos. A diferencia que si el ingeniero coloca un tomacorriente con protección diferencial o GFI incluido que va a costar alrededor de \$20 dólares, pero le va a brindar una mayor seguridad más aun en áreas mojadas como el baño o la tina. Los GFI son dispositivos obligatorios según regulaciones

de ciertos países como Estados Unidos, en las construcciones residenciales, a diferencia de nuestros países, donde ni siquiera conocen lo que es un GFI y no se lo utiliza en ningún equipo. Los usos o aplicaciones del GFI son múltiples realmente se debería usar como protección tanto en casas, como en la industria. Los GFI se deberían utilizar residencialmente en todos los tomacorrientes que estén en áreas mojadas o húmedas tales como los baños, áreas de cocina, tomacorrientes cercanos a los lavaderos, tomacorrientes donde conectamos las refrigeradoras. Es muy común que la gente se acerca descalza a la nevera y le coja la corriente, si esta corriente ocasionada, por algún desperfecto en la nevera es pequeña, puede ser que no le ocurra nada al individuo, pero si el daño es grande, puede ocasionar grandes daños a la persona, incluso hasta la muerte si la fuga de corriente sobrepasa los límites tolerados por el cuerpo humano.

También debe ser usado en áreas exteriores como patios, Toma corrientes cercanos a los grifos de agua donde uno conecta la manguera. En los dormitorios de los niños, en los baños de los niños, que son expertos en meter cosas en los huecos de los toma corrientes, es decir residencialmente es

muy necesario y debería de ser obligatorio en las instalaciones eléctricas. En los árboles de navidad que generalmente ocasionan incendios porque se fuga una corriente y sin un dispositivo que lo detecte termina por ocasionar un grave incendio. En las áreas de piscinas deberían ser obligatorios, hasta en las mismas piscinas que están alumbradas y que por mas seguridad que tengan, siempre puede existir una filtración de agua y puede ocasionar un cortocircuito y causar la muerte de alguien que este en la piscina o mojado en dicha área. En los secadores de pelo deben ya obligatoriamente tener incluido un GFI debido a que es un aparato que generalmente la persona lo utiliza en el baño que es una área húmeda o mojada, en donde la persona permanece descalza, y se podría considerar como un área de alto riesgo.

En el área medica para protección de equipos médicos, aquí tenemos un campo muy grande donde se debe aplicar ya que los equipos médicos, son equipos que deben garantizar seguridad, y funcionalidad, es decir no podemos arriesgarnos a que un equipo medico nos de una lectura equivocada, o que se dañe en la mitad de una intervención quirúrgica. Peor aun que exista una fuga de corriente y no solo

dañe un equipo sino que pueda causar un daño, o talvez una fuga de corriente a través del paciente mientras se lo esta interviniendo quirúrgicamente, o cuando se le esta haciendo un chequeo y se lo tiene conectado a un cardiógrafo, y que la fuga de corriente circule a través de los electrodos debido a que se esta fugando la corriente porque un cable del electrodo esta malo, o la tierra no esta funcionando bien y se pueda electrocutar un paciente.

En los quirófanos de los hospitales según regulaciones americanas todos los quirófanos deberían de contar con GFI y monitores LIM que nos puedan indicar cuando un equipo está con falla a tierra o tenga una corriente de fuga mas allá de los valores o estándares aceptados y que no representen un riesgo, ni para el equipo, ni para el paciente, ni para el medico, ni para el que manipule los equipos.

La National Fire Protection Association Inc. es la que regula las normas americanas sobre instalaciones eléctricas y seguridad de las instalaciones eléctricas. En la industria se debe usar en el área de seguridad y Protección, tenemos GFI que vienen ya incluidos en los mismos tomacorrientes, así como dispositivos

externos que se los coloca o enchufa a los tomacorriente. La marca Quick Gard tiene tomacorrientes con GFI ya incluidos realmente en el mercado ecuatoriano no existen los GFI por eso no se puede poner un costo referencial.

Imágenes de los distintos tipos de GFI para uso residencial e industrial los podemos chequear en el Apéndice A, que fueron obtenidos de la Internet pagina:

www.alpha-tools.com/products/fr/gfci.jpg

CAPITULO 3

3.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO DEL GFI.

El diagrama electrónico del GFI desarrollado en este trabajo básicamente consta de cuatro bloques bien diferentes entre si, los cuales serán explicados al detalle en el siguiente capítulo, como vimos en el capítulo anterior la misión del GFI es la de detectar cualquier fuga de corriente alterna desde una de las líneas de fase o neutro a tierra. En la siguiente figura 3.1 se muestra el diagrama de bloques del circuito.

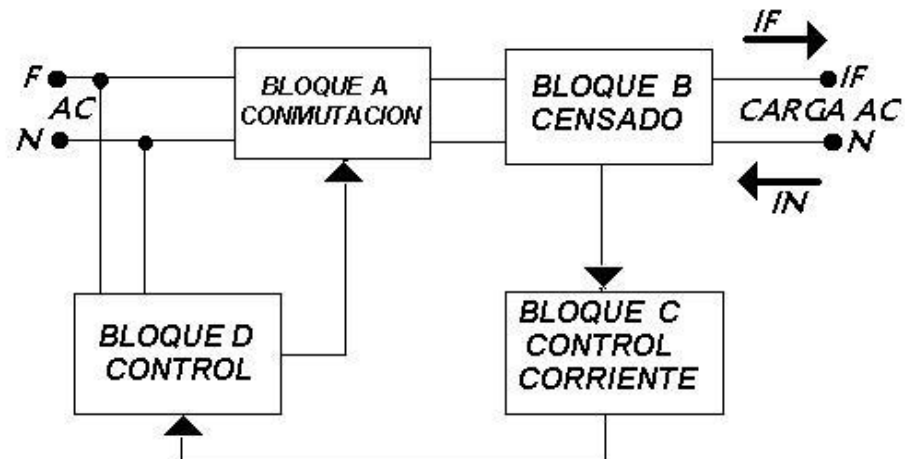


Figura 3.1 Diagrama de Bloques del GFI

Trabajando en modo normal, el IF fluye desde la fase hasta la carga y retorna IN desde la carga hacia el neutro. El bloque de conmutación o bloque A mantiene cerrado los contactos mientras no haya fallas o fuga de corriente es decir mientras $IF = IN$ es decir mientras la corriente que entra por la línea viva sea la misma que retorna por la línea neutra, o que no hay perdidas. Cuando se produce la falla a tierra, una parte de la corriente de fase se desvía a tierra, como fue explicado en el capítulo anterior.

El bloque B con el transformador de censado detecta una diferencia de corriente entre fase y el neutro. Es decir que IF no es igual a IN , en este momento envía una señal al bloque C de control de corriente.

Este bloque C monitorea que el nivel de corriente de fuga usando la relación de vueltas del bloque B no exceda un cierto valor de umbral establecido por las normas de corrientes de fuga toleradas UL. Cuando el nivel de corriente de fuga excede este umbral, envía una señal de disparo al bloque D el cual controla la conmutación del bloque A.

3.2 DESCRIPCION DE CADA UNO DE LOS BLOQUES.

3.2.1. Bloque A o de Conmutación.

En la figura 3.1 del diagrama de bloques del circuito podemos ir viendo los distintos bloques que tiene el circuito. Este bloque consiste de un rele bipolar de 24 voltios, la línea de AC se encuentran conectados en modo normalmente abierto (NA). Cuando se conecta el GFI al bloque D energiza el rele inmediatamente, con lo cual los contactos se cierran y la carga AC pasa a ser energizada, solo en el caso de falla a tierra los contactos se abren nuevamente y se protege la carga del circuito. Es decir que este bloque que permanece funcionando continuamente ya que es el bloque por donde esta circulando la corriente siempre y cuyo rele permite el paso de corriente siempre que no exista una fuga de corriente. Apenas el bloque D detecta un fuga le envía una orden al bloque A para que abra el rele y de esta forma se corta la fuga de corriente y por consiguiente también la alimentación de corriente al circuito. Dado que el rele es normalmente abierto y al quedarse sin corriente automáticamente se abre.

3.2.2. Bloque B o de Censado.

Consiste en un transformador especial o bobina de tipo toroide.

La característica particular de este toroide es que tiene como primario los cables de corriente alterna o de AC, es decir los cable de alimentación de corriente del circuito.

El secundario esta formado por N numero de vueltas y es de un alambre de cobre, que para nuestro circuito se determino que el numero indicado era de mil vuelta, por lo tanto el diagrama resultante del transformador lo podemos ver en la figura 3.3:

Figura 3.2 Relación De Vueltas del Transformador.

$$I_1 = I_F - I_N$$

Donde la **I_F** es la corriente que circula por la fase , en cambio **I_N** es la corriente que circula por el neutro del circuito AC. De acuerdo a la ecuación del transformador ideal, obtenemos la

siguiente relación para poder obtener la corriente de la bobina, y también conociendo que el número de vueltas de la bobina es de mil vueltas.

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

De donde I_2 es igual a:

$$I_2 = \frac{I_1 N_1}{N_2}$$

Sabiendo que los valores de las vueltas para $N_1 = 1$ y para $N_2 = 1000$, nos queda una ecuación para poder determinar la corriente que va a circular por la bobina el momento que detecte un desbalance en los campos magnéticos, es decir una fuga de voltaje.

$$I_2 = \frac{I_1}{1000}$$

Para tener clara la formula I_1 es la corriente de falla en corriente alterna, es decir la diferencia de corriente entre fase y neutro.

Cuando se produce la falla alterna, la I_1 es mayor que cero, y se produce el desfase en la bobina.

Cuando el funcionamiento del circuito es normal, es decir la misma cantidad de corriente que entra por la fase es la misma que sale por el neutro, eso significa que no existe corriente de fuga la corriente $I_1 = 0$.

3.2.2.1 Calculo Del Numero De Vueltas De la Bobina.

Figura 3.3 Toroide y Relación del Transformador

En la figura anterior puede verse como es posible calcular la corriente de salida del transformador de ensayo. El circuito equivalente de este es un transformador ideal con relación de vueltas $1:N_2$, donde N_2 es el número de vueltas del toroide.

Por que le hemos dado a N_1 el valor de uno, y es precisamente por el hecho de que solo esta pasando una sola espira a través del toroide. Esto equivale a decir que el primario esta conformado por una espira cuya corriente es igual a $I_F - I_N$.

Cuando no hay falla a tierra, la corriente en el primario es igual a cero. Solo nos queda calcular el número de vueltas del secundario que necesitamos para que circule la corriente indicada para que envíe la orden al bloque de control o al integrado. Ya sabemos que el número de vueltas del primario es uno y ahora vamos a calcular las vueltas del secundario:

Según las especificaciones que tenemos sobre el integrado LM1851 estas nos dicen que solo podemos ingresar corriente del orden de los micro amperios, por lo tanto tenemos que obtener los valores de corriente. El integrado permite solo micro amperios porque el tiempo de respuesta del disparo del

bloque D depende de la corriente que ingresa por los pines 2 y 3 del circuito integrado LM1851.

En consecuencia, la corriente I2 debe ser del orden de los micro amperios, puesto que la corriente de falla son del orden de los miliamperios.

La relación entre **I1** he **I2** debe ser:

$$\frac{I1}{I2} = 1000$$

Por lo que nos da la equivalencia de:

$$\frac{N1}{N2} = 1000$$

Conociendo el valor ideal de **N1** igual a cero determinamos que el valor para **N2** es de:

$$\mathbf{N2} \quad \mathbf{1000}$$

Por lo tanto el numero de vueltas tiene que ser mayor o igual a 1000 para obtener en el secundario una corriente adecuada.

En nuestro caso el valor escogido ha sido 1000, según las normas UL la corriente de falla no debe ser mayor o exceder los 5 mA, lo que se traduce en una corriente de 5 micro amperios en el secundario.

Esto será explicado con mas detalle en el siguiente capitulo, cuando se detalle los características y especificaciones del integrado LM1851.

3.2.3 Bloque C o de Control de Corriente.

Uno de los elementos principales del GFI es el circuito integrado LM1851, el diagrama nos muestra en forma simple como trabajan los pines 2 y 3, que son los pines que reciben la corriente generada en la bobina secundaria del transformador de censado.

El pin numero 7 esta conectado a C4, el cual es muy necesario para evitar la presencia de ruido en el circuito, este ruido que puede disparar el SCR innecesariamente, lo que ocasionaría que se corte la energía en el circuito.

Es muy importante tratar de eliminar todos los ruidos que se pueden ocasionar, ya que estos repercuten en el mal funcionamiento del dispositivo GFI.

Unos de los parámetros mas críticos del circuito es el lazo formado por VR1 y R6. Esta resistencia provee la sensibilidad del circuito a la corriente de falla, es decir que con esta resistencia nosotros podemos variar el valor de corriente o los

parámetros a los que queremos que trabaje el equipo, es decir que variando VR1 podemos calibrar el nivel de corriente de falla que hará actuar al GFI, de acuerdo a la siguiente formula:

$$R_{SET} = \frac{7 \text{ VOLTIOS}}{\frac{I_{FALLA} \times 0.91}{N2}}$$

Sabemos que según esta ecuación o equivalencia de suma de corrientes obtenemos que :

$$I_{FALLA} = I_F - I_N$$

La diferencia de corrientes entre la fase y el neutro donde **N2 = 1000** en este caso el numero de vueltas del transformador, por ejemplo para una corriente de falla o de fuga de 5 mA, va a ser de:

$$R_{SET} = \frac{7 \text{ V}}{\frac{5 \text{ mA} \times 0.91}{1000}}$$

RSET = 1, 5 MICRO OHMIOS

La alimentación del circuito integrado LM1851 llega por el pin 8 a través de R5, lo cual será explicado en detalle mas adelante en el siguiente bloque D.

3.2.4 Bloque D o de Control de Conmutación.

El control de activación del rele se realiza a través de Q2, este se encuentra configurado para trabajar como un interruptor.

La corriente de base I_{base} pasa a través de R1 y mientras Q1 esta inactivo esta corriente es suficiente para polarizar Q2 y mantenerlo en estado de saturación.

D1 y C1 forman un circuito rectificador de media onda, el cual sirve tanto para alimentar el bloque C de control, como para generar la corriente necesaria para mantener activado el rele. La descarga del capacitor C1 se realiza a través del diodo D2 y el zener de 62 voltios en la fase de Q2 garantiza el voltaje máximo de polarización de la fase para así evitar que Q2 se deteriore.

Q1 es un SCR específicamente utilizamos un ECG103M cuyas características se describen en el data sheet, la corriente de disparo del gate la provee el pin 1 del circuito integrado LM1851 en el bloque C, cuando le llega el pulso de disparo, solo cuando existe una falla de tierra, el SCR entra a conducción, es decir que este pulso le da la orden para que se active y permita el paso de corriente, entre el ánodo y el cátodo.

De esta manera la mayor parte de la corriente I_1 pasa a través del SCR y la corriente de base que se utilizaba para excitar a Q2, se hace demasiado pequeña para mantenerlo activado, por lo tanto Q2 se desactiva, es decir que en este punto Q2 entra en corte, lo cual impide la circulación de corriente a través de la bobina del rele y lo desactiva, y por lo tanto se desactiva así mismo la alimentación del bloque C.

3.2.5 CARACTERISTICAS ADICIONALES DEL CIRCUITO.

3.2.5.1. Pulsador De Restablecimiento(Reset).-

Hemos colocado en el circuito un pulsador de Reset que actúa para desactivar la condición de falla a tierra, puesto que se encuentra colocado en paralelo al SCR, cuando la falla a sido detectada, el SCR entra en conducción y se mantiene así hasta que la corriente entre ánodo y cátodo se hace menor de un cierto umbral, lo cual ocurre al pulsar el botón de Reset, la cual devuelve al circuito al estado normal de funcionamiento.

3.2.5.2 Pulsador de Prueba (Test).-

Hemos adaptado al circuito un pulsador para el Test del circuito, es decir para probar en cualquier momento que este funcionando, este pulsador de Test simula la falla a tierra usando la resistencia R8 para permitir el paso de corriente desde la línea viva o fase hasta el neutro, sin pasar por el transformador o bobina de censado, de esta manera I_F no es igual a I_N , simulamos una fuga de corriente, y por lo tanto los

campos magnéticos no van a ser iguales, generándose una condición de falla a tierra.

3.2.5.3 Led de Neon o Alerta.-

Es un indicador luminoso que nos indica si la carga esta energizada, es decir si no hay falla a tierra este se mantiene encendido.

3.2.5.4. Varistor.-

El varistor que hemos colocado es el MOV130 es un simple varistor que sirve para proteger la carga de los picos peligrosos de voltaje.

3.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO GENERAL DEL GFI.

Figura 3.4 Diagrama Esquemático del GFI.

CAPITULO 4

4.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO LM1851.

El integrado LM1851 esta diseñado para proteger al circuito de las comunes fugas de corriente a los equipos industriales o fuentes de poder que funcionan con corriente AC o corriente alterna.

A este integrado se le acopla un circuito o SCR que en conjunto permiten que se interrumpa el flujo de corriente a través de la línea viva de corriente alterna y así evitar la condición de falla a tierra, protegiendo de esta forma a los equipos y las personas que manipulan los mismos.

El utilizar este integrado nos permite reducir el tamaño del circuito, y a su vez podemos reducir el tamaño físico de la tarjeta, lo que nos permite reducir costos y poder fabricar el dispositivo de un tamaño

más pequeño y manejable para áreas como los tomacorrientes donde podemos utilizar los dispositivos o GFI.

Las ventajas que tiene este integrado son:

*Regulador de voltaje de alimentación interna.

*Umbral de la corriente de falla externamente programable, con la resistencia.

*Tiempo de respuesta de corriente de falla externamente programable.

*Interfase directa al SCR.

*Tiene dos modos de operación carga vs. línea, y línea vs. neutro.

*Detecta fallas de la línea neutra

El integrado LM1851 opera con 26 v , ya que tiene un regulador de voltaje de alimentación interna, la sensibilidad de la detección de la falla esta determinada por el tiempo que toma la corriente del capacitor en descargarse. Esta corriente esta dada o se calcula mediante la formula:

$$I_{TH} = \frac{7 \text{ VOLTIOS}}{R \text{ SET}} / 2$$

En el punto donde se da la falla de corriente obtenemos esta formula:

$$I_{TH} = \frac{I_f}{2} \times 0.91$$

Luego obtenemos el valor de la resistencia r set en base a la siguiente formula:

$$R_{SET} = \frac{7 \text{ VOLTIOS}}{I_f \times 0.91}$$

Con esta formula vamos a obtener el valor de la resistencia que necesitamos para poder calibrar el circuito para que detecte la falla o fuga de corriente al valor que nosotros queremos que se habrá el circuito.

Es decir que si necesitamos que el circuito detecte una falla a tierra de 5 mA vamos a calcular en base a la resistencia Rset cual es el valor que nos va a permitir abrir el circuito solamente cuando exista una fuga de corriente superior a 5 mA.

Si la fuga de corriente es menor que 5 mA el GFI va a permitir la fuga solo hasta que sobrepase el valor establecido y para el cual hemos hecho los cálculos tanto de la corriente de la bobina, como la corriente de fuga, y la resistencia del circuito integrado LM1851.

Los datos técnicos del LM1851 obtenidos del Internet de la pagina www.alldatasheet.com los podemos visualizar en el Apéndice C.

CAPITULO 5

5.1 COSTOS DE FABRICACION DEL GFI.

Los costos de fabricación de la tarjeta son realmente muy bajos este circuito puede fabricarse a un costo mínimo, si consideramos que el circuito integrado es un circuito que se lo puede conseguir fácilmente en el mercado a un costo de aproximadamente de 40 centavos, este circuito utiliza un simple rele bipolar de 24 voltios, que en el mercado no cuesta mas de 2 dólares, lo que si podríamos para efectos de ahorrar espacio, con el fin de hacer la tarjeta mas pequeña, es cambiar el rele por uno de la misma capacidad pero mas pequeño.

El transformador o bobina toroidal, se ha utilizado una muy pequeña que tiene un costo bajo, lo que es difícil de conseguir es el toroide ya que la rebobinada y el alambre realmente no pueden costar mas allá de 1 dólar.

Mandar a fabricar una tarjeta de fibra de vidrio de aproximadamente 7,5 cm x 5 cm, no cuesta mas allá de unos 3 dólares, luego tenemos resistencias de distintos valores que debido a que son de poco watios, son resistencias muy pequeñas y que ocupan muy poco espacio y que son sumamente baratas en el mercado

El SCR que se utilizo es el ECG103M que en el mercado tiene un costo de 30 centavos, utilizamos este por su capacidad, y por la experiencia que tenemos utilizando este elemento.

Los pulsadores tanto para el Reset, como para el Test son pulsadores sencillos que pueden tener un costo 25 centavos cada uno.

Además tenemos diodos zener de 62 voltios que son muy económicos están costando alrededor de 10 centavos cada uno.

Tenemos además los transistores ZTX1658 que en el mercado cuesta 21 centavos y lo utilizamos por su capacidad de soportar las corrientes sin recalentarse.

En la tabla 5.1 tenemos mas detallada los costos de fabricación del GFI.

5.2. TABLA DE COSTOS DE FABRICACION DEL GFI.

CALCULO de COSTOS			
MATERIALES			
Cantidad	Elemento	Descripcion	Precio total
1	IC	LM1851	0,400
1	TRIMPOT	1M	0,750
2	PULSADORES		0,250
2	DIODO	1N4007	0,100
1	NEON	110V	0,200
1	RELE	24V BIPOLAR	2,000
1	TRANSISTOR	ZTX1658	0,210
1	SCR	EC103M	0,300
4	CAPACITOR ELECTROLITICO		0,557
1	VARISTOR	MOV130	0,300
1	DIODO ZENER	62V	0,100
1	TRANSFORMADOR TOROIDAL		1,000
2	CAPACITOR CERAMICO		0,350
1	PLACA de FIBRA de VIDRIO	7,5 cm. x 5 cm.	3,000
10	RESISTENCIAS		1,050
TOTAL MATERIALES			10,567
MANO de OBRA			9,750
COSTO TOTAL			20,317

Tabla 5.1 Tabla de Costos de Fabricación

CAPITULO 6

6.1 MEDICIONES DEL CIRCUITO.

CONCLUSIONES

Se logro construir un GFI a un muy bajo costo, hay que considerar que se podría reducir algunos costos y abaratar un poco el costo final ya produciéndolo en serie.

Todos los elementos que se utilizaron son elementos sencillos y muy fáciles de conseguir en el mercado.

La tarjeta se la puede reducir de tamaño, pero no se la hizo mas pequeña para efectos de poder ubicar por bloques los elementos en la misma

RECOMENDACIONES

Se recomienda que en futuros tópicos se optimice este GFI utilizando el mismo circuito que se utilizó para proteger equipos electrónicos, desde los toma corrientes.

Lo que conseguiríamos con esto es proteger toda la instalación eléctrica de una casa o una industria de cualquier fuga de corriente protegiendo así a los equipos de una industria, y a las personas que manipulan esos mismos equipos.

BIBLIOGRAFIA

1. INTERNET:

www.eclipse.cl/instalaciones.htm.

2. ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENANCE
Square Company

3. RESPONSABILIDAD ETICA DEL INGENIERO ELECTRICISTA EN LAS
INSTALACIONES ELECTRICISTA.

4. MANUAL DEL DEPARTAMENTO DE ADQUISICIONES Y
MANTENIMIENTO.
Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social de Guatemala.

5. DISPOSITIVOS DIFERENCIALES DE CORRIENTE RESIDUAL EN BT.
R. Calvas - Schneider electric.

6. UTC UNISONIC TECHNOLOGIES CO. LTD.
Data sheet del integrado LM1851

7. NFPA 1999 HANDBOOK
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION INC
Normas de Protección contra Incendios.

MANUAL DEL USUARIO

El primer paso es enchufar la tarjeta al toma corriente o alimentación de 110v.

Luego se enciende el foco por el cual pasa una corriente de aproximadamente 1 amperio.

Tenemos el cable de prueba para simular la falla a tierra, con esto lo que hacemos es que la corriente que circula a través del foco, al colocar el cable a la tierra física del toma corriente, se va a escapar a tierra una corriente que al ser detectada la diferencia de corriente se emite el pulso para que se abra el rele y corte la alimentación.

Luego de que se a cortado la alimentación tenemos que volver a pulsar el pulsador de reset para que se vuelva a activar el sistema.

Una vez pulsado el reset el sistema vuelve a circular la corriente y se vuelve a encender el foco.

Como sistema de prueba tenemos el pulsador de test, que sirve para probar el GFI si esta funcionando.

Cuando esta encendido el foco y pulsamos el test, simulamos la fuga de corriente y se abre el circuito haciendo que se apague el circuito.

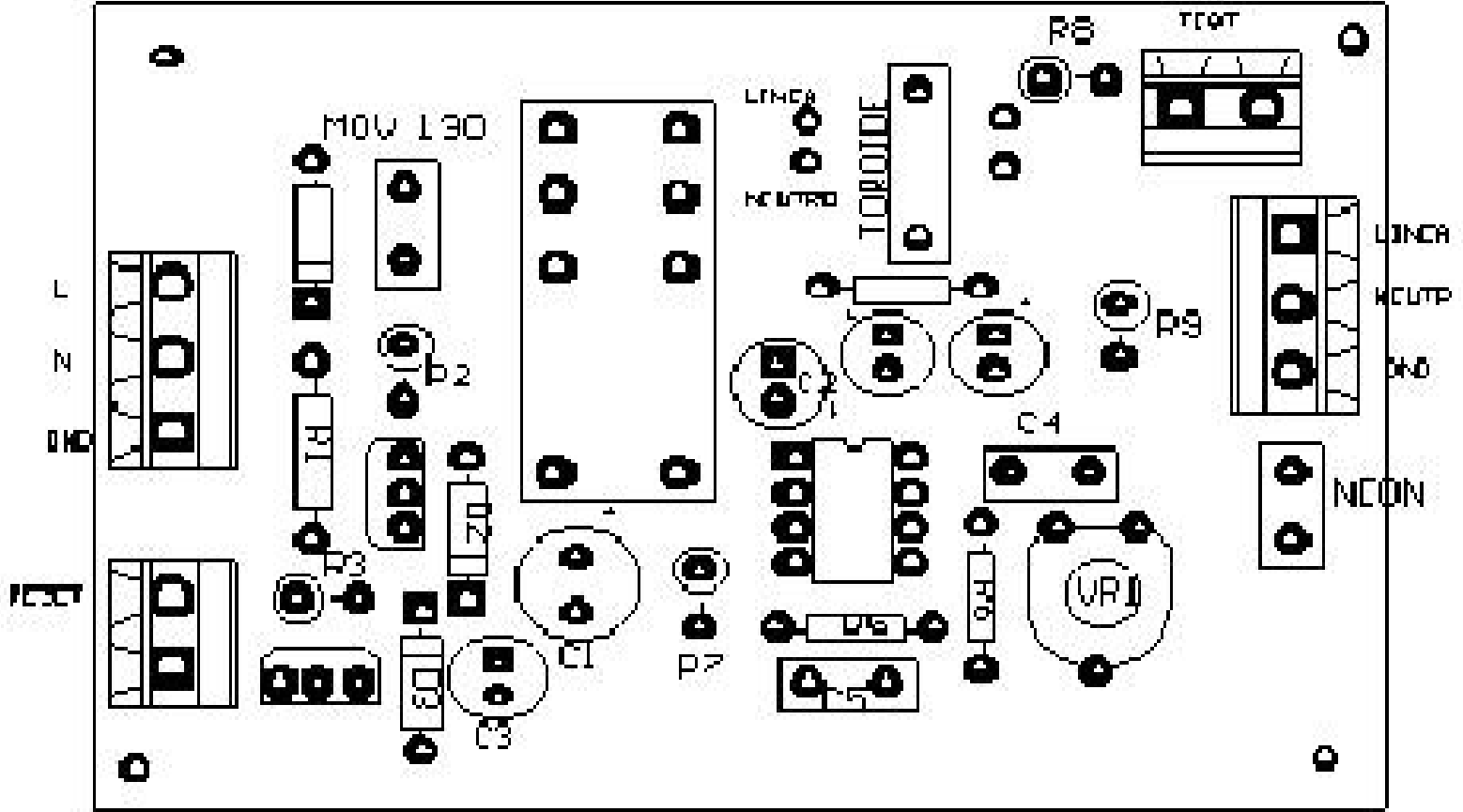
Si el foco se apaga el GFI esta funcionando bien por lo tanto pulsamos el botón de reset para restituir la corriente al sistema.

Si el foco no se apaga cuando pulsamos el test, significa que el GFI no esta funcionando bien, y habría que cambiarlo porque no esta protegiendo el sistema.

APÉNDICE A



APÉNDICE B



APÉNDICE C

