

Universidad Nacional del Comahue
Facultad de Ingeniería



“Aplicación de la Resolución 900/15 de la S.R.T en
instalaciones del gas y petróleo”

Proyecto Integrador Profesional en modalidad Portafolio
presentado por

Moreno Kralj Mateo

Ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del
Comahue para acceder al título de

Ingeniero Eléctrico

Dirección de tesis:

Director académico: Ing. Maduri Miguel
Director por parte de la empresa: Ing. Pinto Alejandro

Neuquén, 04/11/2024

RESUMEN:

El **Proyecto Integrador Profesional** (PIP) se desarrollará bajo la modalidad de Portafolio, en el cual se presentará el trabajo realizado por el alumno-empleado **Mateo Moreno Kralj** en la empresa **Petromark S.R.L**, ubicada en la provincia del Neuquén. El objetivo principal del PIP es demostrar la aplicación de la **Resolución 900/15** de la **Superintendencia de Riesgos del Trabajo (S.R.T)**, titulada “Protocolo de medición de la puesta a tierra y continuidad de masas”, en instalaciones pertenecientes al sector del gas y petróleo.

Inicialmente, se abordará un análisis detallado de la Resolución 900/15, con el propósito de comprender sus objetivos y requerimientos. Asimismo, se proporcionarán los conceptos fundamentales sobre puesta a tierra y los distintos esquemas de conexión a tierra, necesarios para una adecuada comprensión técnica. Posteriormente, se describirá el proceso de relevamiento de instalaciones realizado por la empresa, específicamente en el campo de las Operadoras de gas y petróleo, así como el rol del alumno-empleado en la confección de los informes técnicos entregados a los clientes.

Finalmente, se presentarán los resultados de instalaciones relevadas en el presente año, con características diferentes, a fin de ilustrar los conceptos técnicos desarrollados mediante ejemplos prácticos.

PALABRAS CLAVES:

Resolución 900/15; Puesta a tierra (PAT); Superintendencia de Riesgos del Trabajo (S.R.T); Contacto indirecto; Falla de aislación; Corriente de falla; Desconexión automática de la alimentación; Dispositivos de protección, Resistencia de puesta a tierra; Continuidad de masas; Seguridad; etc.

ABSTRACT:

The **Professional Integrative Project** (PIP) will be carried out in Portfolio format, presenting the work performed by the student-employee **Mateo Moreno Kralj** at **Petromark S.R.L**, located in the province of Neuquén. The main objective of the PIP is to demonstrate the application of **Resolution 900/15** issued by the **Superintendence of Occupational Risks (S.R.T)**, titled “Protocol for grounding system measurement and mass continuity”, in installations within the oil and gas sector.

The project will begin with a detailed analysis of Resolution 900/15 to fully understand its objectives and requirements. In addition, the essential concepts of grounding systems and the various grounding schemes will be introduced to ensure a proper technical understanding. Subsequently, the field survey process conducted by the company at the facilities of oil and gas operators will be described, as well as the role of the student-employee in preparing the technical reports delivered to the clients.

Finally, the results from two surveyed installations, each with different characteristics, will be presented to illustrate the technical concepts developed through practical examples.

KEY WORDS:

Resolution 900/15; Earth grounding; Superintendency of Occupational Risks (S.R.T.); Indirect contact; Insulation fault; Fault current; Automatic disconnection of the supply; Protective devices; Earth resistance; Grounding resistance; Continuity of exposed conductive parts; Safety; etc.

AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me han acompañado a lo largo de este camino académico y profesional.

En primer lugar, a mis padres y a mi familia, quienes con su apoyo incondicional y constante me brindaron la oportunidad de estudiar y perseguir mis sueños. Sin su amor, confianza y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mis amigos y compañeros, por haber estado a mi lado en cada etapa, compartiendo tanto los momentos de esfuerzo como los de alegría, y por su valiosa compañía en este viaje lleno de aprendizajes.

A los profesores de mi carrera, quienes con su dedicación y profesionalismo me brindaron una educación de calidad. Su guía y conocimientos han sido fundamentales para mi crecimiento académico y personal.

De manera especial, agradezco a los tutores de este proyecto, Alejandro y Miguel, quienes con su orientación y experiencia me guiaron en el desarrollo de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

También, quiero agradecer a la empresa Petromark S.R.L por permitirme utilizar la información necesaria para presentar este proyecto, además de darme la oportunidad de insertarme en el mundo laboral.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi país, Argentina, y a su gente. Gracias al sistema educativo público y a la oportunidad de acceder a una formación de excelencia, he podido crecer no solo como profesional, sino también como persona.

Tabla de contenido

Contenido

1. MARCO TEÓRICO	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1 DEFINICIÓN DE ACRÓNIMOS.....	8
2.2 INTRODUCCIÓN A LA RESOLUCIÓN 900/15 DE LA S.R.T.	9
2.2.1 CONTENIDO DE LA RESOLUCIÓN.....	9
2.2.2 INTERPRETACIÓN DE LA RESOLUCIÓN:.....	16
2.3 INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO PUESTA A TIERRA	17
2.4 CONTACTO INDIRECTO Y TENSIÓN DE CONTACTO.....	19
2.5 MASAS ELÉCTRICAS Y MASAS EXTRAÑAS	21
2.5.1 ELEMENTOS TÍPICOS DE INSTALACIONES HIDROCARBURÍFERAS.....	21
2.6 CONDUCTORES DE PAT, DE PROTECCIÓN Y CONEXIONES EQUIPOTENCIALES	23
2.6.1 SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y DE PROTECCIÓN ..	24
2.6.2 CONEXIONES EQUIPOTENCIALES	25
2.6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES EQUIPOTENCIALES SUPLEMENTARIOS	26
3. ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA.....	26
3.1 ECT “TT”	27
3.1.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TT ANTE FALLAS DE AISLACIÓN.....	28
3.1.2 VALOR LÍMITE PERMITIDO PARA EL ELECTRODO DE PROTECCIÓN “Ra” - PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TT	29
3.2 ECT “TN”	31
3.3 ECT “TN-S”.....	31
3.3.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TN-S ANTE FALLA DE AISLACIÓN.....	32
3.3.2 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-S	33
3.4 ECT “TN-C”	34
3.4.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TN-C ANTE FALLAS DE AISLACIÓN	35
3.4.2 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-C.....	36
3.5 ECT “TN-C-S”	36
3.5.1 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-C-S	37
3.6 ECT “IT”	37
3.6.1 ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y CON EL NEUTRO DISTRIBUIDO	39
3.6.2 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y CON NEUTRO DISTRIBUIDO ANTE FALLAS DE AISLACIÓN: .	39

3.6.3 ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA SIN NEUTRO DISTRIBUIDO	40
3.6.4 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y SIN NEUTRO DISTRIBUIDO ANTE FALLAS DE AISLACIÓN	41
3.6.5 ECT IT CON PUNTO NEUTRO AISLADO DE TIERRA	41
3.6.6 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT CON PUNTO NEUTRO AISLADO DE TIERRA ANTE FALLAS DE AISLACIÓN.....	42
3.6.7 INCIDENCIA DE UNA SEGUNDA FALLA DE AISLACIÓN EN ECT IT	43
3.6.8 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN ECT IT	44
3.7 TABLA RESUMEN DE CÓMO PROTEGER UNA INSTALACIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS SEGÚN SU ECT	45
3.8 CONCEPTO “TIERRA LEJANA”.....	45
3.8.1 TRANSFORMACIÓN DEL ECT TT HACIA TN-S POR PROXIMIDAD DE TOMAS A TIERRA.....	47
3.9 DETERMINACIÓN DEL ECT DE UNA INSTALACIÓN	48
3.10 MÉTODO DE LA CAÍDA DE POTENCIAL-MEDICIÓN DE RESISTENCIA PAT .	51
4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN RELEVAMIENTO CONFORME A RESOLUCIÓN 900/15 + CONFECCIÓN DE INFORME TÉCNICO	57
4.1 RELEVAMIENTO DE INSTALACIONES	57
4.2 CONFECCIÓN DEL INFORME TÉCNICO-PLAN DE MEJORAS	73
5. TRABAJOS REALIZADOS.....	79
6. CONCLUSIÓN.....	80
7. BIBLIOGRAFÍA.....	82

1. MARCO TEÓRICO

La **Resolución 900/15** de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (S.R.T.) tiene como objetivo principal establecer el “Protocolo de medición de la puesta a tierra y continuidad de masas”, un marco normativo de vital importancia para garantizar la seguridad eléctrica en el entorno laboral. En particular, se considera que su aplicación es fundamental en sectores industriales de alto riesgo como el gas y el petróleo, actividades económicas estratégicas en la región del Alto Valle de Neuquén y Río Negro.

El sector de gas y petróleo es uno de los pilares económicos del Alto Valle argentino, donde se encuentran importantes yacimientos de hidrocarburos y una vasta infraestructura de extracción, procesamiento y transporte. La naturaleza de este rubro implica un alto grado de exposición a riesgos eléctricos debido a las características operativas de sus instalaciones, en las que coexisten grandes equipos electromecánicos, sistemas de control automatizados y ambientes potencialmente explosivos. Ante este panorama, la seguridad eléctrica es una prioridad para la protección de los trabajadores y otras personas que frecuenten las instalaciones.

La Resolución 900/15 aborda esta problemática al exigir la implementación de sistemas de puesta a tierra adecuados, el control riguroso de la continuidad de las masas metálicas en los equipos e instalaciones, y la verificación del correcto funcionamiento de los dispositivos de protección en baja tensión. El objetivo principal de esta normativa es **garantizar la desconexión automática de la alimentación ante un contacto indirecto**, reduciendo así el riesgo de accidentes eléctricos graves. La inspección y el mantenimiento de estos sistemas constituyen medidas esenciales para prevenir los siniestros provocados por contactos indirectos, los cuales se producen cuando una persona entra en contacto con una parte metálica que, debido a un fallo en el aislamiento, ha quedado accidentalmente energizada. En sectores como el de gas y petróleo, donde la interacción entre el personal y la maquinaria es constante, el riesgo de que ocurran estos incidentes se incrementa de manera significativa.

El cumplimiento de esta normativa no solo protege la integridad física de los trabajadores, sino que también garantiza la continuidad operativa de las instalaciones, al reducir la posibilidad de interrupciones por fallos eléctricos. Además, la implementación adecuada de la resolución contribuye al cumplimiento de las normativas de seguridad laboral exigidas a nivel nacional, promoviendo un ambiente de trabajo más seguro y eficiente.

En este contexto, las inspecciones de las instalaciones de las operadoras de gas y petróleo, según lo dispuesto en la Resolución 900/15, se convierten en herramientas esenciales para mitigar los riesgos eléctricos. Estas medidas no solo son preventivas, sino que también facilitan la identificación de posibles fallos antes de que se conviertan en peligros reales, asegurando que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad.

En conclusión, la aplicación de la **Resolución 900/15** es crucial para garantizar la seguridad de los trabajadores en la industria del gas y petróleo, obtener continuidad de servicio al evitar fallos eléctricos, y contribuir con la imagen de la empresa al asegurar el cumplimiento de las normativas vigentes en materia de seguridad laboral.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 DEFINICIÓN DE ACRÓNIMOS

A continuación, se presentan las definiciones y abreviaturas que serán empleadas a lo largo del presente PIP. Esta sección tiene como finalidad establecer un marco de referencia claro y preciso, que facilite la comprensión de los términos técnicos y acrónimos utilizados en el desarrollo del trabajo. La correcta interpretación de estas definiciones es esencial para abordar los conceptos que se analizarán, garantizando así una comunicación efectiva y coherente en el contexto del proyecto.

PAT: Puesta a tierra.

ECT: Esquema de conexión a tierra.

DP: Dispositivo de protección.

C.I: Contacto indirecto.

IA: Interruptor automático

PIA/ITM: Pequeño interruptor automático/Interruptor termomagnético.

ID/DD: Interruptor diferencial/Dispositivo diferencial.

FUS: Fusible.

R: Resistencia eléctrica.

Ut/Uc: Tensión de contacto.

Up: Tensión de paso.

Id: Corriente de falla.

Zl: Impedancia de lazo de falla.

Ra: Toma a tierra de protección.

Rb: Toma a tierra de servicio.

Conductor PAT: Conductor de puesta a tierra.

Conductor PE: Conductor de protección.

Conductor CEQ: Conductor equipotencial.

SRT: Superintendencia de Riesgos del Trabajo.

BEP: Barra equipotencial de protección.

BPAT: Barra principal de puesta a tierra.

Empresa: Cuando en el presente proyecto se mencione a la “empresa” se refiere a Petromark S.R.L.

2.2 INTRODUCCIÓN A LA RESOLUCIÓN 900/15 DE LA S.R.T.

A continuación, se ofrecerá una introducción a la Resolución 900/15. En primer lugar, se presentará textualmente el contenido de la resolución, acompañado de las planillas que la misma anexa. Posteriormente, se procederá a realizar una interpretación de la normativa, con el objetivo de comprender en profundidad cuáles son sus objetivos y requerimientos. Esta sección es fundamental para establecer un contexto claro que permita analizar adecuadamente la aplicación de la resolución en el ámbito de la seguridad eléctrica en las instalaciones hidrocarburíferas.

2.2.1 CONTENIDO DE LA RESOLUCIÓN.

RESOLUCIÓN 900/2015 DE LA S.R.T “*PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LA PUESTA A TIERRA Y CONTINUIDAD DE LAS MASAS*”

La S.R.T basándose en la Ley sobre Riesgos del Trabajo N° 24557, la Ley de Higiene y seguridad en el trabajo N° 19587 y los decretos 351/79 y 911/96, desarrolló la Resolución 900 en la cual se establecen los siguientes 8 artículos:

ARTÍCULO 1° — Apruébase el Protocolo para la Medición del valor de puesta a tierra y la verificación de la continuidad de las masas en el Ambiente Laboral, que como Anexo forma parte integrante de la presente resolución, y que será de uso obligatorio para todos aquellos que deban medir el valor de la puesta a tierra y verificar la continuidad de las masas conforme las previsiones de la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y normas reglamentarias.

ARTÍCULO 2° — Establécese que los valores de la medición de la puesta a tierra, la verificación de la continuidad del circuito de tierra de las masas en el ambiente laboral, cuyos datos estarán contenidos en el protocolo aprobado en el artículo 1° de la presente resolución, tendrán una validez de DOCE (12) meses.

ARTÍCULO 3° — Estipúlase que cuando las mediciones arrojen valores que no cumplan con la Reglamentación de la ASOCIACIÓN ELECTROTECNICA ARGENTINA (A.E.A.) para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles y/o cuando se verifique falta de vinculación con tierra de alguna de las masas (falta de continuidad del circuito de tierra de las masas) se debe realizar un plan de acción para lograr adecuar el ambiente de trabajo.

ARTÍCULO 4° — Establécese que se debe controlar periódicamente el adecuado funcionamiento del/los dispositivos de protección contra contactos indirectos por corte automático de la alimentación.

ARTÍCULO 5° — Determínase que a los efectos de realizar la medición a la que se hace referencia en el artículo 1° de la presente resolución podrá consultarse una guía práctica que se publicará en la página web de la SUPERINTENDENCIA DE RIESGOS DEL TRABAJO (S.R.T.): www.srt.gob.ar.

ARTÍCULO 6° — Facúltase a la Gerencia de Prevención de esta S.R.T. a modificar y determinar plazos, condiciones y requisitos establecidos en la presente resolución, así como a dictar normas complementarias.

ARTÍCULO 7° — Determinase que la presente resolución entrará en vigencia a los TREINTA (30) días contados a partir del día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial de la REPÚBLICA ARGENTINA.

ARTÍCULO 8° — Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese. — Dr. JUAN H. GONZALEZ GAVIOLA, Superintendente de Riesgos del Trabajo.

En el ANEXO 1 se adjuntan las planillas que se deben completar al realizar un relevamiento. Las planillas son las siguientes:

PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE LA PUESTA A TIERRA Y CONTINUIDAD DE LAS MASAS

(1) Razón Social:	
(2) Dirección:	
(3) Localidad:	
(4) Provincia:	
(5) CP:	(6) C.U.I.T.:

Datos para medición		
(7) Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado:		
(8) Fecha de Calibración del Instrumental utilizado:		
(9) Fecha de la medición:	(10) Hora de inicio:	(11) Hora finalización:
(12) Metodología utilizada		

El conjunto de planillas conforma el “**Protocolo de medición de la puesta a tierra y continuidad de masas**” que se debe completar al realizar el relevamiento a una instalación.

Por último, se incluye el instructivo para completar el protocolo:

- 1) Identificación del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición (razón social completa).
- 2) Domicilio real del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 3) Localidad del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 4) Provincia en la cual se encuentra radicado el establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 5) Código Postal del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 6) C.U.I.T. de la empresa o institución.
- 7) Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado en la medición.
- 8) Fecha de la última calibración realizada al instrumento empleado en la medición.
- 9) Fecha de la medición, o indicar en el caso de que el estudio lleve más de un día la fecha de la primera y de la última medición.
- 10) Hora de inicio de la primera medición.
- 11) Hora de finalización de la última medición.
- 12) Nombre de la metodología o método utilizado.
- 13) Espacio para agregar información adicional de importancia.
- 14) Adjuntar el certificado de calibración del equipo, expedido por el laboratorio (copia).
- 15) Adjuntar plano o croquis del establecimiento, indicando los puntos en los que se realizaron las mediciones (número de toma a tierra). El croquis deberá contar como mínimo, con sectores o sección.

- 16) Identificación del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición (razón social completa).
- 17) C.U.I.T. de la empresa o institución.
- 18) Domicilio real del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 19) Localidad del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 20) Código Postal del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 21) Provincia en la cual se encuentra radicado el establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.
- 22) Número de toma de tierra, indicar mediante un número la toma a tierra donde realiza la medición, el cual deberá coincidir con el del plano o croquis que se adjunta a la medición.
- 23) Indicar el sector o la sección dentro de la empresa donde se realiza la medición.
- 24) Indicar o describir la condición del terreno al momento de la medición, lecho seco, arenoso seco o húmedo, lluvias recientes, turba, limo, pantanoso, etc.
- 25) Indicar el uso habitual de la misma, toma de tierra del neutro de transformador, toma de tierra de seguridad de las masas, de protección de equipos electrónicos, de informática, de iluminación, de pararrayos, otros.
- 26) Indicar cuál es el esquema de conexión a tierra utilizado en el establecimiento, TT / TN-S / TN-C / TN-C-S / IT.
- 27) Indicar el valor obtenido en la medición de resistencia de puesta a tierra de las masas, expresado en Ohm.
- 28) Indicar si el resultado de la medición cumple o no con lo expresado en la reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles de la Asociación Argentina de Electrotécnicos, requerido legalmente.
- 29) Indicar si el circuito de puesta a tierra es continuo y permanente.

30) Indicar si el circuito de puesta a tierra tiene la capacidad de carga para conducir la corriente de falla y una resistencia apropiada.

31) Indicar cuál es la protección que se utiliza en el establecimiento contra contactos indirectos, dispositivo diferencial (DD), interruptor automático (IA), fusible (Fus).

32) Indicar si el dispositivo de protección empleado en la protección contra los contactos indirectos está en condiciones de desconectar en forma automática el circuito, dentro de los tiempos máximos establecidos por la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina.

33) Espacio para agregar información adicional de importancia.

34) Identificación del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición de puesta a tierra (razón social completa).

35) C.U.I.T. de la empresa o institución.

36) Domicilio real del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.

37) Localidad del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.

38) Código Postal del establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.

39) Provincia en la cual se encuentra radicado el establecimiento, explotación o centro de trabajo donde se realiza la medición.

40) Indicar las conclusiones, a las que se arribó, una vez analizados los resultados obtenidos en las mediciones.

41) Indicar las recomendaciones, después de analizar las conclusiones.

Para realizar el relevamiento el profesional puede respaldarse en la “GUÍA PRÁCTICA DE INTERPRETACIÓN DE LA RESOLUCIÓN SRT.900/2015”, la cual se puede descargar desde la web en www.srt.gob.ar.

2.2.2 INTERPRETACIÓN DE LA RESOLUCIÓN:

El **Protocolo** que desarrolla la Resolución apunta a asegurar la *desconexión automática de la alimentación ante un contacto indirecto*.

Trata de que se verifiquen todas las instalaciones eléctricas con equipamiento de aislación Clase I para garantizar que estén correctamente protegidas contra los contactos indirectos mediante la protección llamada “Protección contra los contactos indirectos por el corte automático de la alimentación”. En toda instalación se debe garantizar la protección contra los contactos indirectos por el corte automático de la alimentación.

El **Protocolo** de la Resolución, constituido por las planillas de su Anexo, nos brinda una manera ordenada de relevar toda la información necesaria para concluir respecto a la protección, mediante la desconexión automática de la alimentación, de la instalación.

El nombre de la Resolución quizás no es el más adecuado, dado que da a entender que su finalidad es medir Resistencia de PAT y continuidad de masas, cuando en realidad, su verdadero objetivo es asegurar la desconexión de la alimentación ante fallas de aislación, que puedan ocasionar siniestros para las personas y/o animales. Se debe tener en claro que ambas preposiciones no significan lo mismo. Por ejemplo, según el esquema de conexión a tierra que posea la instalación, será o no necesario, medir la Resistencia PAT de todos los elementos. Existen esquemas de conexión a tierra en los que no es necesario realizar dicha medición para verificar si se posee la protección contra los contactos indirectos mediante la desconexión automática de la alimentación.

Para poder concluir respecto los requerimientos de la Resolución 900/15 se deben abordar diferentes aspectos de la instalación, los cuales deberán operar en conjunto para garantizar la mencionada protección. A modo de resumen inicial, se brinda una lista de los puntos que deben analizar los profesionales que realicen los relevamientos. La lista se menciona a modo de ejemplo para observar que la resolución no consta únicamente de medir R PAT y continuidad de masas. En secciones posteriores se abordarán los conceptos, explicando cada uno de ellos, para lograr un entendimiento técnico, como así también se brindará un paso a paso para realizar un relevamiento en instalaciones del rubro gas y petróleo.

Aspectos a analizar cuando se realiza un relevamiento conforme Res 900/15 de la S.R.T.

-Deberá identificar el esquema de conexión a tierra.

-En instalaciones con alimentación propia deberá realizar la medición de la Resistencia de puesta a tierra de la toma a tierra de servicio.

-En instalaciones con ECT TT o IT deberá realizar la medición de Resistencia de PAT de la toma a tierra de protección.

-En instalaciones con sistemas de protección contra descargas atmosféricas se debe realizar la medición de la Resistencia PAT del electrodo.

-Deberá verificar que cada masa eléctrica (y el borne de tierra de cada tomacorriente) esté conectada a la barra de tierra del tablero comprobando la continuidad de cada conductor de protección.

-Deberá verificar que todas las masas extrañas (no eléctricas, por ej. bandeja portacables, cañería, escaleras metálicas, tanques de almacenamiento, etc) estén conectadas a la barra de equipotencialidad principal (o a la barra de tierra del tablero principal si la de equipotencialidad no existiera), verificando la continuidad de los conductores de equipotencialidad entre cada masa extraña y las barras antes mencionadas.

-Deberá verificar que el conductor PE posee la capacidad de carga suficiente para transportar una corriente de defecto, es decir, verificar que la sección está correctamente dimensionada.

-Deberá verificar que la instalación se encuentra correctamente protegida y el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección mediante ensayos realizados con un instrumento apropiado.

Luego de analizar todos los puntos anteriores, si y sólo si se cumplen todos en simultáneo, puede asegurar que la instalación es segura ante contactos indirectos en el punto bajo estudio.

2.3 INTRODUCCIÓN DEL CONCEPTO PUESTA A TIERRA

En primer lugar, comencemos con la definición de Puesta a tierra (PAT):

La puesta a tierra de una instalación comprende toda unión conductora ejecutada en forma directa, sin fusible ni protección alguna, y de sección suficiente entre las partes metálicas activas y no activas de la instalación (masa eléctrica y masa extraña respectivamente) y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el terreno.

En instalaciones de gran tamaño espacial, cómo las que serán analizadas en este proyecto, se suelen colocar varias tomas a tierra (o jabalinas) en puntos específicos, y se vinculan los elementos de la instalación desde un conductor enterrado que recorre la misma. Esto forma un “Sistema de PAT”, también llamado “Malla de PAT”¹.

El sistema PAT posee diferentes funciones, las cuales se explican a continuación:

Derivar a tierra las corrientes que se pueden originar por razones de falla, o debidas a descargas atmosféricas y a otras sobretensiones o por contacto accidental con conductores de mayor tensión.

Limitar la tensión de contacto (U_c) ante condiciones de operación normales, de manera que cualquier equipo conectado al sistema, solamente esté sujeto a un cierto nivel de U_c a tierra.

Facilitar la operación de los dispositivos de protección (DP), tales como fusibles, interruptores automáticos, ITM o con protección electrónica, dispositivos diferenciales o similares cuando hay una falla simple (de aislación) que derive corriente a través del conductor de protección, ya sea a tierra o al punto neutro del transformador alimentador.

Limitar las diferencias de potencial (tensión de contacto) que en un momento dado pueden presentarse entre masas eléctricas y masas extrañas y entre las masas eléctricas y las masas extrañas con relación a tierra.

Dependiendo el objetivo que posee la PAT, se diferencia entre *PAT de protección* y *PAT funcional*. Por ejemplo, cuando el objetivo es la protección de las personas ante contactos indirectos, la PAT es de protección, mientras que cuando el objetivo es brindarle referencia de tensión a los elementos de la instalación, la PAT es funcional. Toda PAT que no tiene como finalidad la protección, es del tipo funcional.

En el presente proyecto se abordará la función de protección de la PAT, más específicamente, para personas y seres vivos ante contactos indirectos.

¹ En el presente proyecto se refiere a “Malla de PAT” al sistema formado por los conductores desnudos que recorren la instalación, conectando en derivación los elementos de esta, y los electrodos enterrados en el terreno. Cabe aclarar, que NO es igual a un mallado formado por cuadrículas de conductores como en una E.T.

Por sí solo, el sistema de PAT de una instalación no garantiza la protección ante los contactos indirectos. El sistema de PAT debe trabajar en conjunto con los dispositivos de protección.

Existen distintos Esquemas de conexión a tierra (ECT) los cuales representan cómo es el vínculo con respecto a tierra de la red de alimentación y de las masas eléctricas de la instalación consumidora. Según como sea este vínculo será el comportamiento de la instalación ante una falla de aislación, y por lo tanto como se debe proteger a personas y animales ante estos siniestros. Los diferentes ECT serán abordados en secciones posteriores.

2.4 CONTACTO INDIRECTO Y TENSIÓN DE CONTACTO

Hay dos condiciones básicas de protección contra el riesgo de choque eléctrico:

- Protección contra fallas (contacto indirecto).
- Protección básica (contacto directo).

El **contacto indirecto** es uno de los riesgos eléctricos más importantes a considerar en cualquier instalación industrial. Este tipo de contacto se produce cuando una persona toca una parte metálica que normalmente no está energizada, pero que ha quedado accidentalmente bajo tensión debido a un fallo en el aislamiento eléctrico de un equipo o sistema. La corriente que circula a través de las partes metálicas expuestas puede provocar lesiones graves o incluso la muerte. En este contexto, la **tensión de contacto** se refiere a la diferencia de potencial eléctrico que existe entre la parte metálica energizada y el suelo o cualquier otra referencia a tierra en el momento del contacto. Esta tensión es la responsable de que la corriente fluya a través del cuerpo humano cuando se produce un contacto indirecto, y su magnitud depende tanto de la resistencia de las conexiones a tierra como de la naturaleza del fallo. La correcta implementación de sistemas de **puesta a tierra** y dispositivos de protección es esencial para limitar la tensión de contacto y reducir el riesgo de accidentes eléctricos.

En la siguiente ilustración se observa una persona que sufre un contacto indirecto:

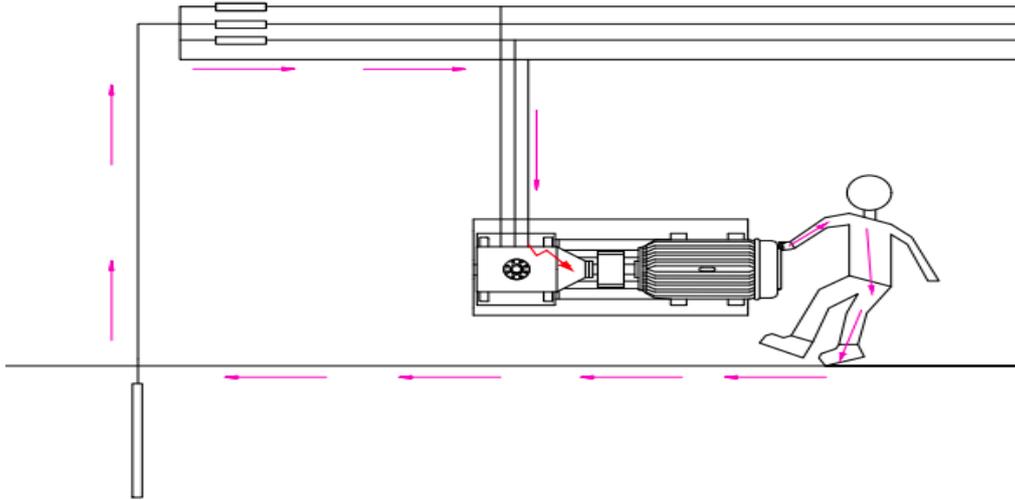


Ilustración 1-Persona bajo contacto indirecto

En la situación ilustrada en la imagen anterior, el motor no está vinculado al sistema de puesta a tierra. Esto implica que, al entrar en contacto con el motor, la persona cierra el circuito a través de su cuerpo, lo que genera una circulación de corriente debido a la presencia de una tensión de contacto peligrosa. La corriente que fluye a través del trayecto brazo-pie puede ser fatal si no se cuenta con un dispositivo de protección adecuado que interrumpa automáticamente la alimentación eléctrica. Cabe destacar que, en este caso, la persona no está utilizando calzado de seguridad dieléctrico, lo que aumenta significativamente el riesgo de un accidente grave.

El sistema de PAT en conjunto con los dispositivos de protección tiene como finalidad evitar que se generen tensiones de contacto peligrosas para personas y seres vivos ante eventuales contactos indirectos. La Ley N° 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, a través de los Decretos Reglamentarios 351/79 y 911/96, establece la **tensión límite de contacto “Ut” en 24V** para corriente alterna. La Resolución 900-15 de la S.R.T. tiene como objetivo prevenir la aparición de tensiones de contacto peligrosas, es decir, mayores a 24V.

A diferencia de MT y AT, en BT no se verifica la tensión de paso “Up”, debido a que verificando que la tensión de contacto (U_t) sea menor al valor límite (24V) ya se tiene la seguridad de que la tensión de paso no será peligrosa para las personas. Esto se debe a que la Resistencia que ofrece el cuerpo humano en el camino pie-pie es mayor a la que ofrece el camino mano-pie, mano-mano, etc. Entonces, debido a esta mayor R la tensión de paso debería ser muchas veces el valor de la tensión límite de contacto ($n \cdot U_t$) para

provocar el mismo daño que provoca una tensión de contacto de 24V. Asegurando que la instalación tiene una correcta protección ante tensiones de contacto peligrosas ($U_t < 24V$), estamos en condiciones de asegurar que la tensión de paso U_p no será peligrosa para las personas que habiten la instalación.

2.5 MASAS ELÉCTRICAS Y MASAS EXTRAÑAS

De acuerdo con la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) en su norma N° 90364-7, se define como **masa eléctrica** cualquier parte conductora accesible de un equipo eléctrico que, en condiciones normales de funcionamiento, no está energizada, pero que podría quedar bajo tensión en caso de un fallo de aislamiento. Estas masas eléctricas, al no formar parte activa del circuito, requieren protección adecuada a través de sistemas de puesta a tierra para evitar riesgos en caso de un contacto indirecto. Por otro lado, se entiende como **masa extraña** cualquier elemento conductor que no pertenece a la instalación eléctrica, pero que puede introducir potenciales peligrosos, como por ejemplo, tuberías metálicas, estructuras metálicas o elementos constructivos. La conexión equipotencial entre las masas eléctricas y las masas extrañas es fundamental para minimizar las diferencias de potencial y, por ende, reducir el riesgo de accidentes eléctricos.

2.5.1 ELEMENTOS TÍPICOS DE INSTALACIONES HIDROCARBURÍFERAS

Para que el lector tenga conocimiento de los elementos que serán tratados en el presente proyecto a la hora de analizar un relevamiento, se mencionarán cuáles son los elementos típicos que poseen las instalaciones relevadas, diferenciando entre masas eléctricas y masas extrañas.

Por ejemplo, típicas masas eléctricas que se encuentran en las instalaciones del gas y petróleo son tableros eléctricos, motores como bombas y compresores, columnas de iluminación, etc.

A continuación, se incluyen imágenes de típicas masas eléctricas obtenidas de las instalaciones relevadas por la empresa Petromark S.R.L.



Ilustración 2-Masas eléctricas típicas: Bomba, dosificador químico y tablero variador de frecuencia.

En el caso de las masas extrañas, los casos típicos que podemos encontrar son escaleras, tanques de almacenamiento, separadores de fluidos, tuberías de gas y petróleo, etc.

A continuación, se pueden observar imágenes de típicas masas extrañas obtenidas de las instalaciones relevadas.



Ilustración 3-Masas extrañas típicas: Separador de fluido y cañería de hidrocarburos.



Ilustración 4-Masa extraña típica: Cañería de hidrocarburos



Ilustración 5- Masas extrañas típicas: Tanque de almacenamiento y separador de hidrocarburos

2.6 CONDUCTORES DE PAT, DE PROTECCIÓN Y CONEXIONES EQUIPOTENCIALES

Conductor de PAT:

Este conductor es el que vincula la toma o electrodo de tierra con la barra equipotencial principal (BEP), o con la barra principal de PAT (o juego de bornes principal de tierra) de la instalación.

Conductor de protección PE:

La puesta a tierra de las masas eléctricas y masas extrañas se realizará por medio de un conductor, denominado “conductor de protección” (PE) de cobre electrolítico aislado² conforme a normas IRAM NM 247-3, IRAM 62266 o IRAM 62267.

2.6.1 SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y DE PROTECCIÓN

La norma AEA 90364 en su parte 7-771 “Reglas particulares para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles” nos indica las secciones que deben poseer los conductores PAT y PE. Las secciones permitidas³ se pueden observar en la tabla siguiente, según las características del conductor de línea.

Tabla 1-Secciones mínimas de los conductores PAT y PE-AEA 90364-7

Sección S de los conductores de línea de la instalación [mm ²]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección PE “S _{PE} ” [mm ²] y del conductor de puesta a tierra “S _{PAT} ” [mm ²]	
	Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) es del mismo material que el conductor de línea	Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) no es del mismo material que el conductor de línea
$S \leq 16$	S	$S \times k_1/k_2$
$16 < S \leq 35$	16 ^(a)	$16 \times k_1/k_2$
$S > 35$	S/2 ^(a)	$S/2 \times k_1/k_2$

Donde k_1 es el valor de k para el conductor de línea, seleccionado de la RAEA (Tabla 54.8 o Tabla 43.1), k_2 es el valor de k para el PE, elegido de las tablas 54.6 a 54.10, según corresponda; k es un factor cuyo valor depende de diferentes características físicas del material del conductor de protección y de las temperaturas inicial y final, dependiendo esta última del tipo de aislación

Existe otra manera para determinar la sección de los conductores, la cual consiste en la verificación térmica del conductor ante una corriente de cortocircuito:

$$S \geq \frac{I_{falla} * \sqrt{t}}{k}$$

² Salvo en bandejas o canales donde se acepta desnudo en determinadas condiciones de instalación.

³ En ningún caso la sección del conductor de PAT será menor a 4mm². Este conductor deberá tenderse en forma independiente al conductor de protección (aún cuando compartan la misma canalización) y deberá acometer a la barra o juego de bornes que conforman la barra equipotencial principal. En ningún caso la sección del conductor de protección será menor que 2,5mm².

Donde el tiempo de interrupción tiene que estar comprendido entre 0,1s y 5s. El factor k depende del material del conductor y el valor de I_{falla} debe obtenerse mediante cálculo o medición⁴.

2.6.2 CONEXIONES EQUIPOTENCIALES

Los conductores de conexión equipotencial son aquellos que conectan diferentes partes metálicas de un sistema eléctrico para igualar el potencial eléctrico entre ellas. Esto se realiza con el fin de evitar diferencias de potencial que podrían provocar descargas o arcos eléctricos en caso de una falla.

La norma AEA 90364 en su parte 7-771 clasifica a las conexiones equipotenciales en:

-Conexión equipotencial principal: Son todas aquellas conexiones que incluyen al conductor de PAT, conexiones de masas eléctricas mediante el conductor PE, conexiones de masas extrañas a las barras de PAT.

-Conexión equipotencial suplementaria: En las instalaciones en las que el valor de la impedancia del lazo de falla no sea lo suficientemente bajo para lograr la protección por corte o desconexión automática de la alimentación, será necesario realizar conexiones equipotenciales suplementarias que comprendan la interconexión de los elementos conductores simultáneamente accesibles, ya se trate de masas de equipos fijos o de elementos conductores de la estructura, etc; que permitan lograr caminos de menor impedancia para la corriente de falla a tierra facilitando la actuación del dispositivo de protección.

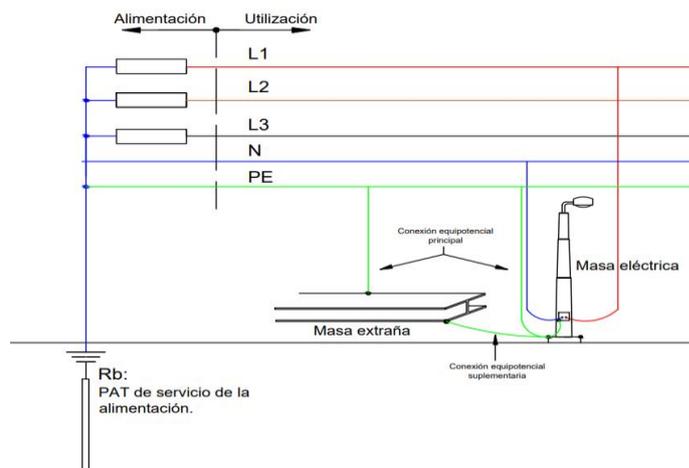


Ilustración 6-Conexiones equipotenciales principales y suplementarias

⁴ En el caso de la empresa Petromark S.R.L la corriente se puede obtener mediante ensayo realizado con el equipo comprobador de instalaciones eléctricas Metrel Eurotest 61557. Este ensayo se abordará posteriormente.

2.6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES EQUIPOTENCIALES SUPLEMENTARIOS

Véase el siguiente ejemplo, ilustrado por la figura 7, donde existen dos masas que son conectadas al sistema PAT mediante los conductores PE1 y PE2. Se utiliza una conexión equipotencial suplementaria “CES” entre las masas. La sección de este conductor se dimensiona según el siguiente criterio:

$$S_{CES} \geq \frac{S_{PE \text{ MAYOR}}}{2}, \text{ con } S_{min} = 6mm^2 \text{ y } S_{max} = 25mm^2$$

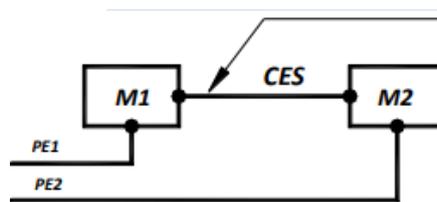


Ilustración 7-Sección del conductor equipotencial suplementario

3. ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA

Definición de Esquema de conexión a tierra según AEA 90364-parte 7 “Reglas particulares para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles”-Sección 771:

“Los esquemas de conexión a tierra (ECT) definen la “Clasificación según la conexión a tierra de las redes de alimentación y de las masas eléctricas de las instalaciones eléctricas consumidoras” y se identifican con dos letras: TT, TN e IT, admitiendo alguno de ellos una letra adicional que se incorpora a la definición principal separándola de la misma con un guion. Así se tienen los esquemas TN-C, TN-S y TN-C-S.”

Esto significa que el ECT nos identifica como es el vínculo con respecto a tierra de la red de alimentación y de las masas eléctricas de la instalación consumidora.

Según como sea este vínculo será el comportamiento de la instalación ante una falla de aislación, y por lo tanto como se debe proteger a personas y animales ante contactos indirectos.

Por ello, se considera de vital importancia el correcto entendimiento de cada uno de los ECT. A continuación, se procede a explicar los ECT, como es su comportamiento frente a fallas de aislación y como se deben proteger mediante los dispositivos de protección.

Cómo definir las letras del ECT:

La primera letra del ECT indica como es el vínculo a tierra de la red de alimentación, siendo “T” cuando el punto neutro del transformador (centro estrella) está vinculado a tierra, e “I” cuando se encuentra aislado de tierra.

La segunda letra del ECT indica como es el vínculo de las masas de la instalación respecto a tierra. Se indica con “T” cuando las masas se vinculan a tierra mediante un electrodo (o jabalina) y con “N” cuando se vinculan al punto neutro del transformador mediante un conductor. Luego, se desprenden distintas posibilidades para una tercera letra que se explicarán más adelante.

ECT permitidos por AEA:

En Argentina la normativa AEA 90364-7-771 indica que para inmuebles alimentados en BT el único ECT permitido es el TT. En cambio, cuando el cliente compra energía en MT, o genera su propia energía como es el caso algunas operadoras petroleras, y además posee el transformador dentro de su instalación, puede elegir el ECT que desea utilizar entre TT, TN-S e IT.

El ECT TN-C está prohibido por AEA 90364 por motivos que serán explicados posteriormente, excepto en el tramo bornes de BT del transformador-bornes del Tablero Principal de la instalación.

3.1 ECT “TT”

Como se observa en la ilustración 8, el ECT TT posee el centro de estrella del transformador de distribución, es decir el punto neutro, puesto a tierra a través de un electrodo conocido como **Puesta a tierra de servicio “Rb”**. Las masas de la instalación consumidora están vinculadas a tierra mediante un electrodo independiente de la toma a tierra de servicio, llamado **Puesta a tierra de protección “Ra”**. La vinculación de las masas a tierra se realiza a través de un conductor llamado **de protección “PE”** (del Inglés protective earth) hasta el tablero principal de la instalación, donde se vinculan todos los conductores PE provenientes de las masas a la Barra equipotencial principal “BEP”, y desde la BEP surge el conductor de Puesta a Tierra “PAT” que vincula sin interrupción ni seccionamiento al electrodo de protección.

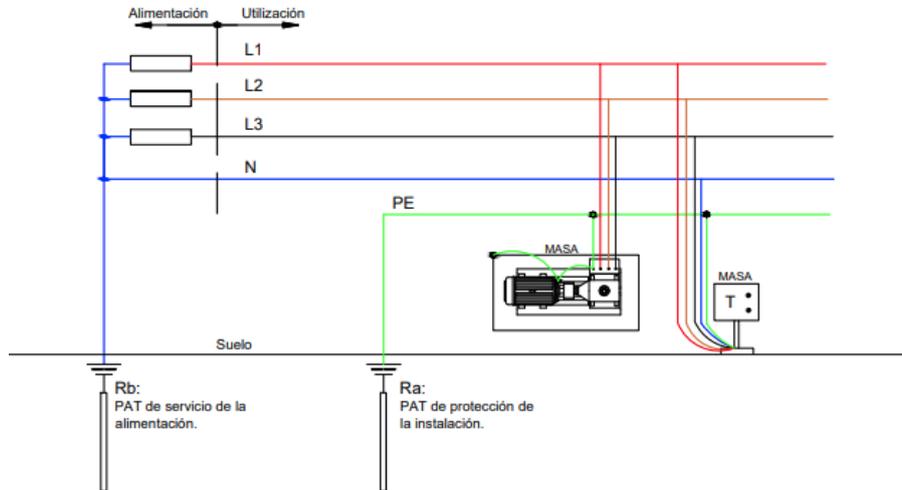


Ilustración 8-Instalación con ECT tipo TT

3.1.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TT ANTE FALLAS DE AISLACIÓN

En la siguiente ilustración, se modela una falla de aislación en uno de los conductores de línea de la bomba, por lo que se observa en línea de trazo rosa, como es el lazo de falla para este tipo de ECT.

Cuando se produce la falla de aislación, la corriente de falla “ I_d ” circula por el conductor de protección PE y deriva por tierra a través de la PAT de protección de la instalación “Ra”. Luego, la corriente circula por tierra hasta cerrar el circuito de falla por la PAT de servicio “Rb” y retornar por el conductor de línea que alimenta la falla. La corriente I_d es una “**Corriente de falla a tierra**”.

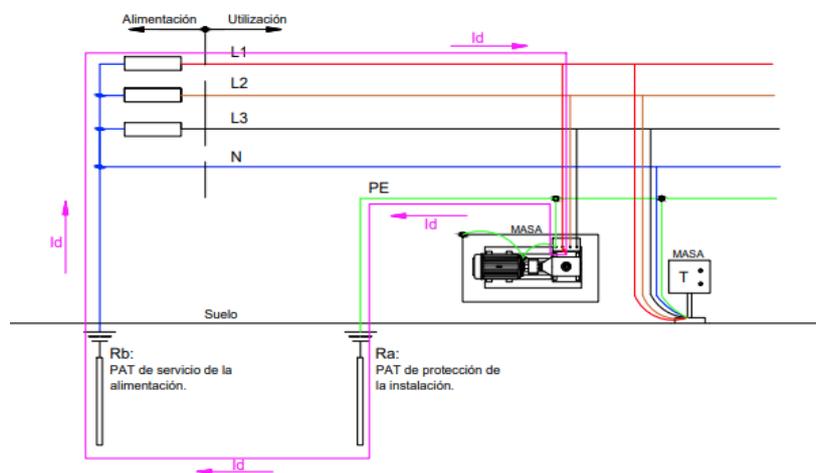


Ilustración 9-Instalación con ECT tipo TT bajo falla de aislación

En general la suma de las Resistencias R_a+R_b , de las tomas a tierra de Protección y Servicio, es preponderante frente a la impedancia de los otros componentes del lazo (conductores de protección y de línea), por lo que se suele despreciar la influencia de los conductores en el lazo de falla.

Con esta consideración, la corriente de falla es:

$$I_d = \frac{U_0}{(R_a + R_b)}$$

La normativa AEA 95201-2 “REGLAMENTACIÓN PARA LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS EXTERIORES-LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN”, en su punto 15.1.2 exige que el valor de la Resistencia de puesta a tierra del electrodo de Servicio “ R_b ” sea de un valor $\leq 10\Omega$.

Por razones que se explicarán a continuación, la norma AEA 90364-7-771 “REGLAS PARTICULARES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES” indica que para este tipo de ECT la toma a tierra de protección “ R_a ” debe poseer un valor $\leq 40\Omega$.

Entonces, suponiendo valores de $R_a=30\Omega$, $R_b=10\Omega$ y una tensión $U_0=220V$ se obtiene una corriente de falla I_d :

$$I_d = \frac{220V}{(30\Omega + 10\Omega)} = 5,5A$$

Este es un valor típico de corriente de defecto a tierra para un ECT tipo “TT”. Se observa que estas corrientes producidas por fallas de aislación poseen valores bajos respecto a corrientes de cortocircuito. No obstante, esta corriente puede dar lugar a la aparición de tensiones peligrosas.

3.1.2 VALOR LÍMITE PERMITIDO PARA EL ELECTRODO DE PROTECCIÓN “ R_a ” - PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TT

Como se mencionó anteriormente, La Ley N° 19587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, a través de los Decretos Reglamentarios 351/79 y 911/96, establece la tensión límite de contacto “ U_t ” en 24V. El objetivo de la protección ante contactos indirectos es la prevención de la aparición de tensiones peligrosas, es decir iguales o mayores a la tensión límite de contacto.

Según lo demostrado anteriormente, en un ECT TT los valores de corriente de defecto a tierra son de valores “bajos” respecto a corrientes de cortocircuito, por lo que las protecciones eléctricas como PIA, IA, FUS, etc; no actuarían desconectando la alimentación ante este tipo de siniestros. En instalaciones con ECT TT es obligatorio el uso de Dispositivos Diferenciales para la protección ante contactos indirectos. En instalaciones cuya alimentación es en BT la sensibilidad máxima permitida es de 300mA⁵.

Para instalaciones cuya alimentación es en MT (siempre que se posea el transformador dentro de la instalación), la sensibilidad puede ser mayor de 300mA, mientras se respete el valor de Resistencia PAT en el electrodo Ra, como figura en la tabla N°2 a continuación:

Tabla 2-Valores de $I\Delta n$ según valores de R de PAT⁶

Corriente diferencial máxima asignada del dispositivo diferencial $I\Delta n$		Valor máximo permitido de la Resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas [Ω]
Sensibilidad baja	20A	0,6
	10A	1,2
	5A	2,4
	3A	4
Sensibilidad media	1A	12
	500mA	24
	300mA	40
	100mA	40
Sensibilidad alta	Hasta 30mA inclusive	40

El valor máximo permitido de la Resistencia de PAT del electrodo de protección “Ra” depende directamente del valor de corriente diferencial $I\Delta n$, para asegurar que las presuntas tensiones de contacto sean inferiores a la tensión límite de contacto $U_t=24V$.

⁵ Los valores permitidos de sensibilidad de los I.D los brinda AEA 90364 en su parte 7-771

⁶ Tabla obtenida de norma AEA 90364-7-771

Por ejemplo, en el caso de producirse una falla de aislación, un dispositivo diferencial de 300mA desconectaría la alimentación cuando detecte una fuga a tierra de valor aproximado a 300mA (generalmente actúa en valores menores). Analizando nuevamente el lazo de falla de la figura 9, se desprende que la tensión de contacto es:

$$U_t = I_d * R_a = 300mA * 40\Omega = 12V$$

La norma AEA 90364 opta un criterio conservador respecto a la tensión de contacto, permitiendo como **máximo** un valor de **Ra=40Ω** y la utilización de D. Diferenciales de como máximo IΔn=300mA. Es decir, el límite que impone AEA para **Ut** es de **12V**.

Esto se debe a la incertidumbre que puede existir en la medición de la Resistencia de PAT de Ra, por cuestiones climáticas (ambiente húmedo o seco), introducidas por el instrumento de medición, por los electrodos auxiliares que deben hincarse en el terreno, etc.

3.2 ECT “TN”

En los ECT TN el punto neutro de la alimentación se encuentra conectado a tierra mediante el electrodo de servicio “Rb”, y a diferencia del TT, las masas eléctricas y extrañas de la instalación consumidora, están conectadas al punto neutro del transformador alimentador a través de un conductor PE (en el caso del esquema TN-S) o PEN (en el caso del esquema TN-C).

La diferencia entre un ECT TN-S y un TN-C radica en si el conductor Neutro y el de protección PE están separados (S), o si es un único conductor compuesto (C).

3.3 ECT “TN-S”

Como se observa en la figura 10, este ECT es aquel en el que el conductor neutro (N) y el de protección (PE) están separados en toda la instalación y están conectados entre sí en el origen de la alimentación (punto neutro aterrizado a tierra mediante Rb).

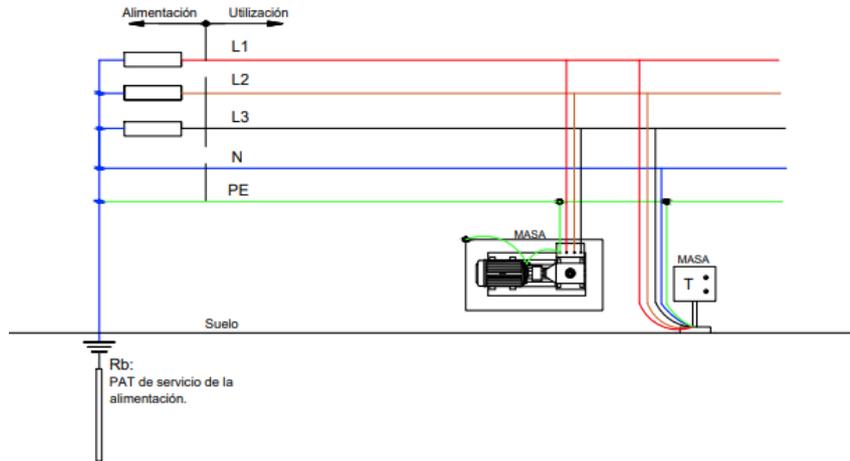


Ilustración 10-Instalación con ECT tipo TN-S

3.3.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TN-S ANTE FALLA DE AISLACIÓN

En la siguiente ilustración, se observa en línea de trazo rosa el lazo de falla originado por una falla de aislación en la bomba. A diferencia del ECT TT, la **corriente de falla NO es una corriente de falla a tierra**, dado que fluye a través del lazo galvánico generado por el conductor PE, el N en el origen de alimentación y por el conductor de línea que alimenta la falla. Entonces, en este tipo de ECT un defecto entre conductor de línea y masa, produce una corriente de cortocircuito, en el orden de magnitud de los Ampere-kA.

Según el lazo de falla que se puede observar en la ilustración 11, podemos obtener la corriente de falla como:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{PE} + R_L}$$

Siendo R_{PE} el valor de la impedancia del tramo de conductor de protección hasta el centro estrella del transformador, y R_L del conductor de línea que alimenta la falla hasta el punto fallado. Por ejemplo, considerando que la tensión $U_0=220V$, un valor de continuidad de $R_{PE}=0,1\Omega$ y $R_L=0,1\Omega$, se obtiene un valor de corriente de falla según:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{PE} + R_L} = \frac{220V}{0,2\Omega} = 1,1kA$$

Los valores considerados en el ejemplo anterior para R_{PE} y R_L , son típicos en las instalaciones que serán analizadas en el presente proyecto, según los conductores de BT y las distancias que suelen encontrarse. Cabe aclarar que este valor de continuidad implica un vínculo sano, sin deterioros o desvíos que produzcan falsos contactos.

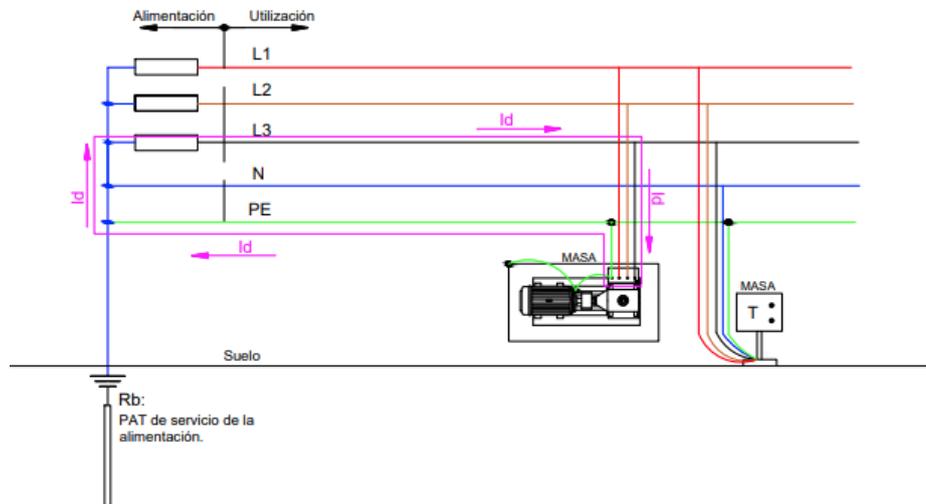


Ilustración 11-Instalación con ECT tipo TN-S bajo falla de aislación

3.3.2 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-S

Como consecuencia de que la corriente de falla posee valores que se pueden encontrar (generalmente) en el orden de magnitud de los [kA], se puede utilizar como protección ante contactos indirectos, además de los Dispositivos Diferenciales, protecciones como un Pequeño Interruptor Automático, Interruptor Automático, Fusible, etc. Esto se debe a que se puede coordinar este tipo de protección para que el disparo magnético de un IA o PIA, como así también que el fusible logre fundirse, para que el dispositivo desconecte la alimentación y despeje la falla en los tiempos reglamentarios.

Por ejemplo, en caso de optar por protección mediante un I. Automático se debe coordinar la actuación del dispositivo ante cortocircuitos en un valor 20% menor⁷ que el valor de

⁷ El 20% se debe a la incertidumbre en el disparo que poseen los dispositivos normalizados por IEC 60898 e IEC 60947-2.

corriente de falla obtenido mediante cálculo o medición. En el caso de la empresa, se utiliza el ensayo de lazo de falla⁸ realizado en el punto bajo estudio.

La tensión de contacto en caso de falla de aislación se obtiene con:

$$U_t = I_d * R_{PE}$$

Para proteger correctamente la instalación debemos verificar que $U_t \leq 24V$.

La coordinación de las protecciones tipo PIA-FUS-GM se abordarán en la sección posterior 4.1-8 “Ensayar las protecciones”.

3.4 ECT “TN-C”

Como se observa en la ilustración 12 mostrada a continuación, en este ECT los conductores N y PE se unifican en un único conductor llamado “PEN” que cumple ambas funciones: Neutro y de protección.

Este ECT está permitido por AEA 90364 sólo en el tramo SET-Tablero principal de la instalación. A partir de este punto, se debe optar por un ECT TN-S ó TT. Entonces, según podemos observar en la ilustración 12, el esquema debería transferirse hacia TN-S o TT luego del tablero. La instalación acorde a la ilustración 12 está prohibida.

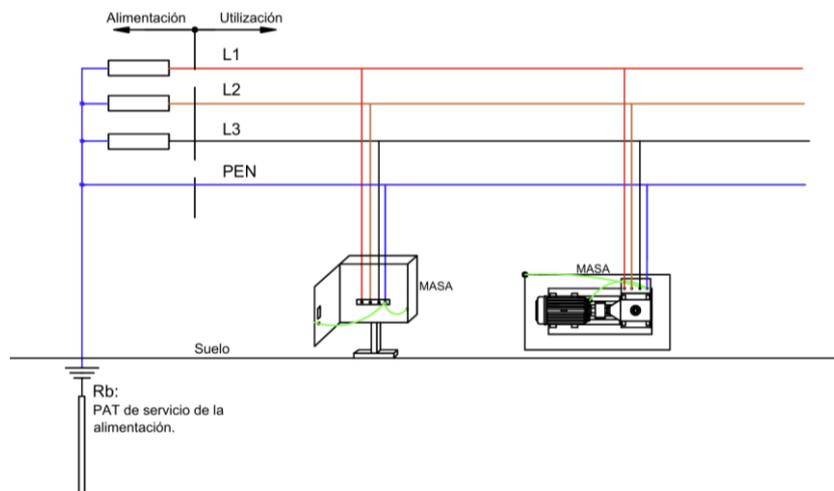


Ilustración 12-Instalación con ECT tipo TN-C

⁸ El ensayo de lazo de falla permite obtener el valor de una presunta corriente de falla en el punto bajo estudio. El mismo, será explicado en secciones posteriores.

3.4.1 COMPORTAMIENTO DEL ECT TN-C ANTE FALLAS DE AISLACIÓN

Ante una eventual falla de aislación, por ejemplo, en el tablero de la ilustración anterior, la corriente de falla circula por el conductor PEN hasta el punto de origen la instalación (centro de estrella del transformador) y retorna por la línea que alimenta la falla.

Según el lazo de falla, que se puede observar en línea de trazo rosa en la siguiente ilustración, la corriente de falla se puede hallar como:

$$I_d = \frac{U_0}{R_{PEN} + R_L}$$

$$U_t = I_d * R_{PEN}$$

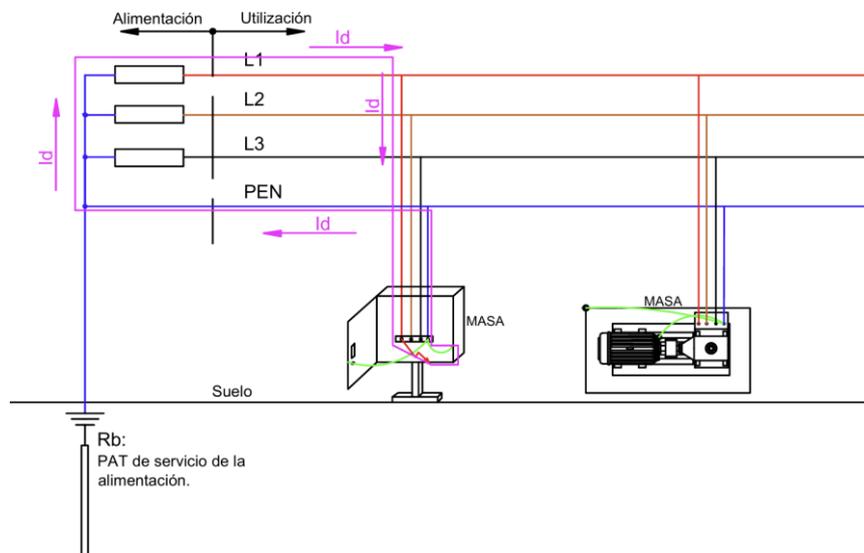


Ilustración 13-Instalación con ECT tipo TN-C bajo falla de aislación

Dispositivos Diferenciales en ECT TN-C:

En este tipo de ECT no está permitido el uso de D. Diferenciales, dado que, en caso de falla de aislación, la corriente circula por el conductor PEN y retorna por el conductor de línea fallado, por lo que el dispositivo no detecta diferencias entre la corriente que ingresa y la que egresa. Estos DP no son aptos para detectar fallas de aislación en este tipo de esquema.

¿Por qué está prohibido el ECT TN-C según AEA 90364-7?

Este esquema posee ciertas características que lo vuelven inseguro, por lo que la norma AEA 90364-7-771 lo prohíbe. En primer lugar, las envolventes se encuentran bajo tensión por su conexión al neutro (PEN). También, como se explicó anteriormente, los Diferenciales no funcionan en este tipo de esquema, por lo que no brindan protección ni para contactos indirectos ni para contactos directos. Por último, en este tipo de esquema está prohibido el corte⁹ del Neutro, debido a que, si se abre este conductor, también dejamos a la instalación sin el conductor PEN, el cual cumple la función de brindar un camino de menor impedancia a corrientes originadas por fallas de aislación. Si se corta el conductor PEN, estas corrientes pueden circular a través del cuerpo de personas o animales, al producirse el contacto indirecto.

Por este motivo, este tipo de ECT sólo se permite en el tramo antes mencionado.

3.4.2 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-C

En este ECT las corrientes de falla generadas en un siniestro de aislación son corrientes de cortocircuito, de valores que rondan el orden de magnitud de los Ampere-[kA]. Debido a lo mencionado anteriormente respecto a que no se debe interrumpir el neutro, se deben utilizar protecciones como IA, PIA o FUS unipolares o tripolares (no se permiten bipolares o tetrapolares).

La coordinación de las protecciones en este tipo de ECT sigue lo mencionado para el esquema TN-S.

3.5 ECT “TN-C-S”

El ECT TN-C-S es una combinación del TN-C y el TN-S. Origina como TN-C y luego en un determinado punto de la instalación se separa el conductor PEN en N y PE, transformándose en ECT TN-S.

Este podría ser el caso de una instalación con ECT TN-C desde la Subestación Transformadora alimentadora hasta el tablero principal de la instalación consumidora, y

⁹ Con la palabra “corte” nos referimos a la apertura del conductor mediante un dispositivo de maniobra

a partir de este tablero, se convierte en un ECT TN-S. Por ejemplo, el caso de la siguiente ilustración:

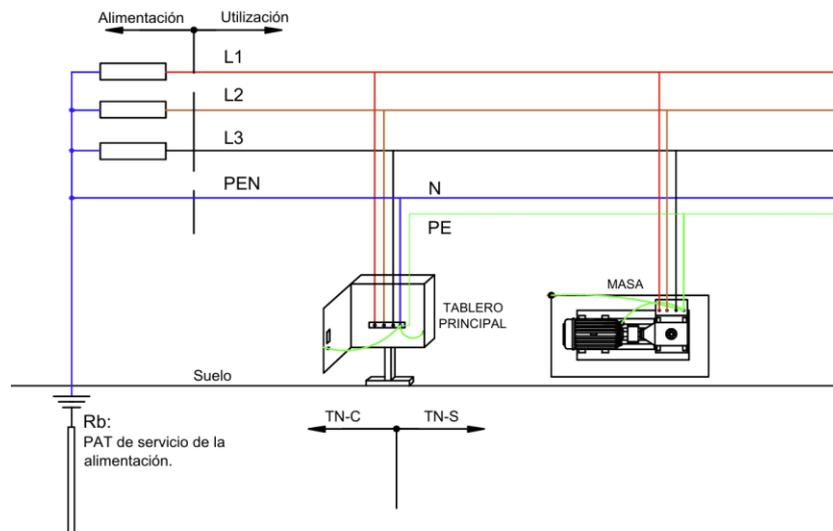


Ilustración 14-Instalación con ECT tipo TN-C-S

3.5.1 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN UN ECT TN-C-S

En el tramo en el cual el ECT es TN-C se debe proteger según se mencionó anteriormente para dicho ECT.

En el tramo en el cual el ECT es TN-S se debe proteger según se mencionó anteriormente para dicho ECT.

3.6 ECT “IT”

El ECT IT posee todas las partes activas de la alimentación aisladas de tierra, o conectadas a tierra mediante una impedancia de elevado valor, y las masas eléctricas o extrañas de la instalación están puestas a tierra ya sea individualmente, por grupos o colectivamente.

Este ECT se utiliza cuando la prioridad es la continuidad de servicio, entonces ante la presencia de una primera falla de aislación los DP no deben desconectar la alimentación, sino dar una señal de alerta. Por ejemplo, en las instalaciones del rubro gas y petróleo, se suelen encontrar en bombas extractoras, donde las empresas operadoras priorizan la continuidad de servicio.

En la siguiente ilustración, se observa la SET que alimenta una instalación de bombas extractoras. Se puede identificar que el borne Neutro en el lado de BT del transformador se encuentra aislado de tierra.



Ilustración 15-Transformador con Neutro aislado de tierra - ECT IT

El ECT IT puede utilizarse considerando los siguientes puntos:

- a- Se origina desde un sistema de generación autónomo o se deriva desde una instalación de MT a BT o de BT a BT, por medio de transformadores separadores. En todos los casos debe contarse con un monitoreo permanente de aislamiento.
- b- El inmueble debe contar con presencia permanente de personal BA4 o BA5¹⁰.
- c- Debe considerarse específicamente la protección contra sobretensiones.

La finalidad del monitoreo es dar aviso al personal de mantenimiento eléctrico ante el primer fallo de aislamiento, dado que el servicio continúa con el fallo. Por este motivo, es necesario personal BA4 o BA5 permanentemente en la instalación.

Existen distintas configuraciones para el ECT IT, las cuáles se muestran a continuación:

¹⁰ Clasificación de personal idóneo en la especialidad eléctrica según AEA 90364-7-771

3.6.1 ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y CON EL NEUTRO DISTRIBUIDO

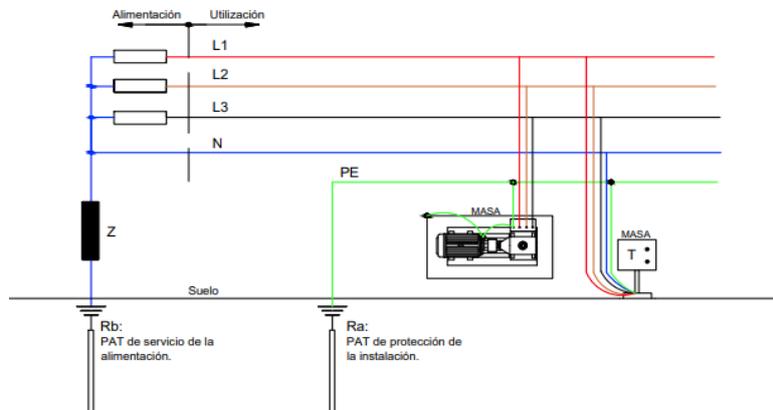


Ilustración 16-Instalación con ECT IT puesta a tierra mediante impedancia y con N distribuido

En el caso de la ilustración 16, las masas de la instalación están puestas a tierra colectivamente mediante el electrodo **Ra** PAT de protección.

3.6.2 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y CON NEUTRO DISTRIBUIDO ANTE FALLAS DE AISLACIÓN:

Como se observa en la siguiente ilustración, el lazo de falla está compuesto por la impedancia del conductor PE, el electrodo Ra de la PAT de protección, el suelo, el electrodo Rb de la PAT de servicio, la impedancia Z y la impedancia del conductor de línea que alimenta la falla. Un valor típico para la impedancia Z es de 1000Ω ó 1500Ω .

Esto implica que la corriente de defecto “ I_d ” ante el primer defecto fase-masa, posee un valor lo suficientemente bajo como para no provocar la aparición de una tensión de contacto peligrosa, por lo que ninguna protección desconecta la alimentación.

Si consideramos que el efecto predominante en la impedancia del lazo es la Impedancia “Z” y la R PAT del electrodo Ra, entonces la corriente de falla es:

$$I_d \cong \frac{U_0}{Z + R_a} = \frac{220V}{30\Omega + 1400\Omega} = 0,15A$$

$$U_c \cong I_d * R_a = 0,15A * 30\Omega = 4,5V$$

Como se observa, este valor de corriente no provoca una tensión de contacto peligrosa. Se suponen valores típicos para R_a y Z , a modo de caracterizar el orden de magnitud de la corriente I_d .

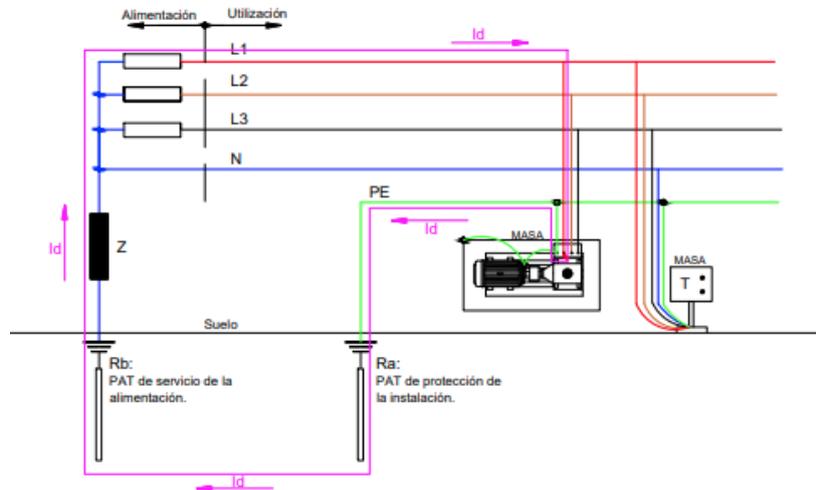


Ilustración 17- Instalación con ECT IT puesto a tierra mediante impedancia y con N distribuido ante falla de aislación

3.6.3 ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA SIN NEUTRO DISTRIBUIDO

En esta configuración no se distribuye el conductor Neutro hacia la instalación, como se puede observar en la ilustración 18.

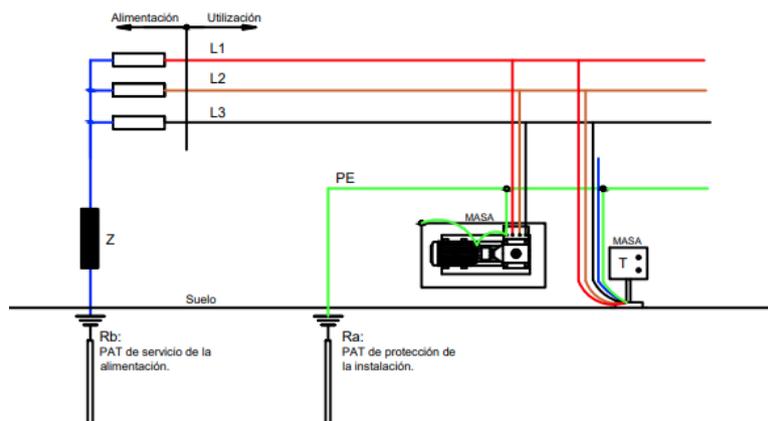


Ilustración 18-Instalación con ECT IT puesto a tierra mediante impedancia y sin N distribuido

3.6.4 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT PUESTO A TIERRA MEDIANTE IMPEDANCIA Y SIN NEUTRO DISTRIBUIDO ANTE FALLAS DE AISLACIÓN

En este caso la corriente de la primera falla está limitada por el valor de la impedancia resultante del paralelo formado por la impedancia Z y las capacidades de las otras dos líneas (no falladas) con respecto a tierra. Generalmente la oposición que ofrece el camino de las reactancias capacitivas es muy superior respecto al que ofrece la impedancia Z , salvo cuando se utilizan cables de gran longitud en la instalación, o cables con blindajes metálicos. Esta variante del ECT se comporta de la misma manera, es decir, la corriente de defecto “ I_d ” ante el primer defecto fase-masa, posee un valor lo suficientemente bajo como para no provocar la aparición de una tensión de contacto peligrosa, por lo que ninguna protección desconecta la alimentación.

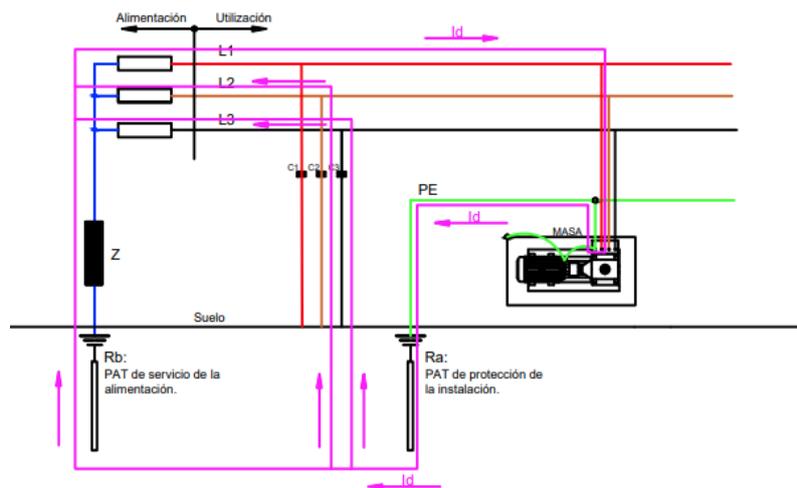


Ilustración 19-Instalación con ECT IT puesta a tierra mediante impedancia y sin N distribuido ante falla de aislamiento

3.6.5 ECT IT CON PUNTO NEUTRO AISLADO DE TIERRA

Por último, se puede observar en la ilustración 20, la configuración del esquema IT con el Neutro aislado de tierra.

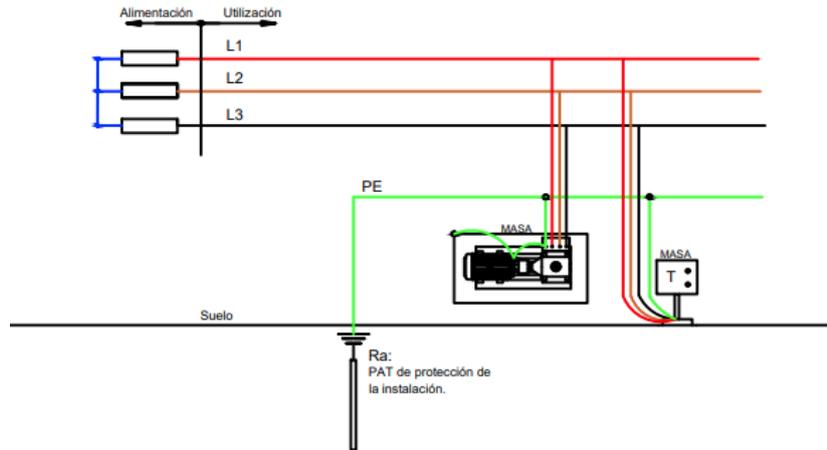


Ilustración 20-Instalación con ECT IT aislado de tierra.

3.6.6 COMPORTAMIENTO DEL ECT IT CON PUNTO NEUTRO AISLADO DE TIERRA ANTE FALLAS DE AISLACIÓN

En un ECT IT aislado de tierra como el de la figura mostrada a continuación, el lazo de falla en el circula la corriente de defecto I_d , está constituido por el conductor de protección PE que conecta la masa con el electrodo Ra, el electrodo Ra, el suelo, las capacidades a tierra distribuidas de las otras dos líneas sanas, los conductores de dichas líneas sanas y por último el conductor de línea que alimenta la falla en cuestión. Al igual que en las variantes anteriores de este ECT, ante el primer fallo, el valor de la corriente es lo suficiente bajo para que no ocasione tensiones de contacto peligrosas, por lo que no se desconecta la alimentación.

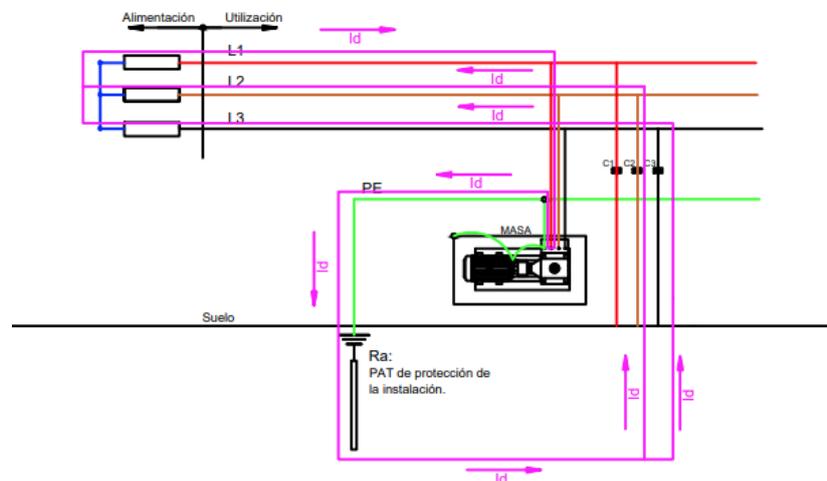


Ilustración 21-Instalación con ECT IT aislado de tierra ante falla de aislamiento

3.6.7 INCIDENCIA DE UNA SEGUNDA FALLA DE AISLACIÓN EN ECT IT

En el caso de que exista un primer fallo de aislación, y el mismo no sea eliminado, si ocurre un segundo fallo de aislación en otra masa de la instalación, el comportamiento del lazo de falla ante la doble falla dependerá de la situación de las puestas a tierra. La instalación se puede comportar como un ECT TT o como TN-S ante la segunda falla. A continuación, se describen ambos casos:

a- Cuando en una misma instalación todas las masas no son conectadas a la misma toma a tierra y cuando los dos defectos se producen en dos grupos diferentes de masas (en cada grupo las masas están interconectadas entre sí, pero los dos grupos no están interconectados) la protección es obtenida respetando las condiciones establecidas para los ECT TT. Esta situación se demuestra en la ilustración N° 22.

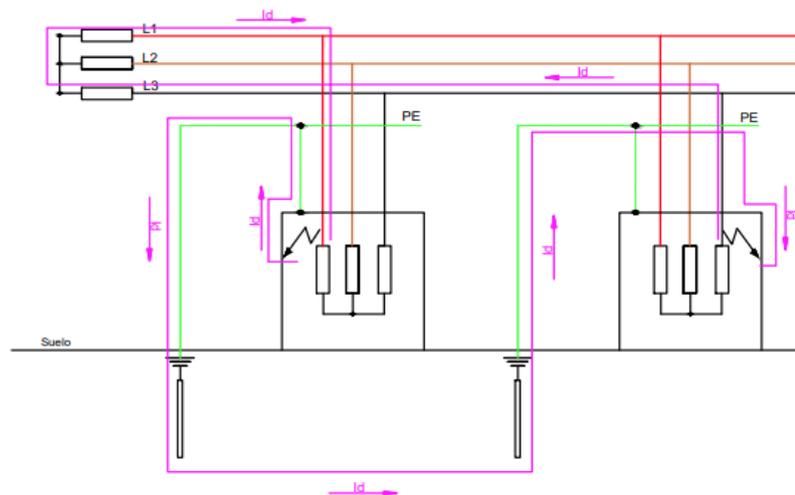


Ilustración 22-Comportamiento del ECT IT con grupos de masas vinculados a diferentes electrodos ante la segunda falla de aislación

Como se observa en la ilustración anterior, la corriente I_d producida por la doble falla de aislación, circula por tierra y se cierra a través de los electrodos de tierra de cada grupo, por lo que posee un valor característico de un ECT TT, por lo que se dice que el sistema se comporta como un TT ante la segunda falla, y la protección debe respetar las condiciones de este último ECT.

b- Cuando un grupo de masas está interconectado y conectado a una única puesta a tierra y cuando los dos defectos se producen en dos grupos diferentes de masas la protección es obtenida respetando las condiciones establecidas para los ECT TN-S.

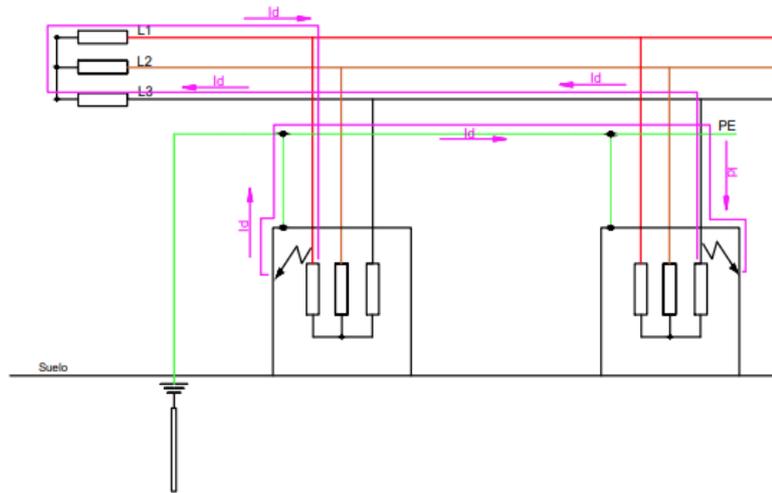


Ilustración 23-Comportamiento del ECT IT con grupos de masas vinculados al mismo electrodo ante la segunda falla de aislamiento

En el caso ilustrado por la figura 23, al producirse la doble falla, como las masas comparten conductor PE el camino de la corriente es puramente galvánico, por ello es que se dice que el sistema se comporta como un ECT TN-S ante la segunda falla, y se debe proteger respetando las condiciones mencionadas para este último ECT.

3.6.8 PROTECCIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS EN ECT IT

En este tipo de esquema pueden ser utilizados los siguientes dispositivos de protección y dispositivos de supervisión o control:

- Controladores o monitores permanentes de aislamiento (CPA).
- Controlador de aislamiento por corriente diferencial (CACD o RCM).
- Dispositivos de búsqueda o localización de fallas de aislamiento.
- Dispositivos de protección contra las sobreintensidades.
- Dispositivos de protección de corriente diferencial.

El objetivo de las primeras tres protecciones mencionadas es la detección y alerta de la falla de aislamiento. Tener en cuenta que, ante una posible segunda falla de aislamiento, se debe proteger como ECT TT ó TN-S, según sea el caso de la instalación.

3.7 TABLA RESUMEN DE CÓMO PROTEGER UNA INSTALACIÓN ANTE CONTACTOS INDIRECTOS SEGÚN SU ECT

Según lo explicado a lo largo de la sección “ESQUEMAS DE CONEXIÓN A TIERRA” se presenta un cuadro resumen de cómo se deben proteger las instalaciones según el ECT que poseen.

Tabla 3-Cuadro resumen de características según ECT.

ECT	Tipo de protección permitida	Ra	Rb	Valor típico de corriente de falla ¹¹	Observaciones
TT	DD	$\leq 40\Omega$	$\leq 10\Omega$	5,5A-20A	ECT obligatorio en inmuebles alimentados en BT
TN-S	DD/IA/PIA/FUS	N/A	$\leq 2\Omega$	0,5kA-3kA	ECT permitido con SET dentro de la instalación
TN-C	IA/PIA/FUS unipolares o tripolares	N/A	$\leq 2\Omega$	0,5kA-3kA	ECT permitido sólo en tramo SET-TP
IT	CPA/CACD/localización de fallas/contra sobrecorrientes	N/A	N/A	10mA-20mA	ECT permitido cuando se cumplen las cláusulas nombradas en 3.6

3.8 CONCEPTO “TIERRA LEJANA”

Para lograr conformar un esquema de conexión a tierra TT, la toma a tierra de la instalación (de protección) debe cumplir con la condición de “Tierra lejana” o “Tierra independiente”¹² respecto a la toma a tierra de servicio de la red de alimentación.

¹¹ El valor típico no es una regla exacta. Se brinda este dato para que el lector conozca el orden de magnitud que posee una corriente de falla en cada esquema de conexión a tierra.

¹² Definición VEI 195-02-02. Toma de tierra independiente: “Toma a tierra suficientemente alejada de otras tomas de tierra, de forma tal que su potencial eléctrico no sea sensiblemente afectado por las corrientes eléctricas entre la tierra y los otros electrodos de tierra”
VEI (Vocabulario Electrotécnico Internacional)

Esto implica que debe existir una distancia considerable entre el electrodo de tierra de Protección y el electrodo de tierra de Servicio de la SET alimentadora.

La norma AEA 90364-7-771 establece que para jabalinas cilíndricas IRAM 2309 y 2310, para cumplir con las características de “tierra lejana”, la toma de tierra de la instalación deberá situarse a una distancia, medida en cualquier dirección, mayor a diez veces el **radio equivalente**¹³ “**Re**” de la jabalina de mayor longitud.

Para las jabalinas cilíndricas el radio equivalente en metros puede calcularse aproximadamente por medio de la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{l}{\ln\left(\frac{l}{d}\right)}$$

donde: Re [m]= Radio equivalente.

l [m]= Longitud de la jabalina.

d [m]= Diámetro de la jabalina.

La siguiente tabla, obtenida en la norma AEA 90364-7, establece los valores de 10*Re para diferentes electrodos o jabalinas cilíndricas:

Tabla 4-Distancia necesaria para cumplir con el concepto de tierra lejana según el tipo de electrodo

Designación comercial	Diámetro exterior [mm]	Longitud [m]	10*Re [m]
1/2”	12,6	1,5	3,2
		2	4
		3	5,4
		4,5	7,6
		6	9,8
5/8”	14,6	1,5	3,2
		2	4
		3	5,6
		4,5	7,8
		6	10

¹³ El radio equivalente es una distancia que indica la zona de influencia electromagnética del electrodo de puesta a tierra. Depende de la forma y dimensiones del electrodo.

3/4"	16,2	1,5	3,4
		2	4,2
		3	5,8
		4,5	8
		6	10,2

3.8.1 TRANSFORMACIÓN DEL ECT TT HACIA TN-S POR PROXIMIDAD DE TOMAS A TIERRA

Cuando no se respeta la separación de 10 veces el R_e entre las tomas a tierra de protección y de servicio, puede ocurrir que el sistema se comporte como un ECT TN-S en lugar de TT. En este tipo de esquema el lazo de falla comprende a la tierra en una parte del recorrido, pero esto no impide que, si las tomas a tierra están a una distancia menor a $10 \cdot R_e$, exista continuidad eléctrica entre las mismas, provocando corrientes de defecto a tierra de elevado valor (característicos del esquema TN-S).

En estos casos se dice que las tomas a tierra “se confunden” y se puede considerar que el esquema es un TN-S. No obstante, se debe seguir protegiendo como si fuera un ECT TT, es decir, mediante Dispositivos Diferenciales, para lograr una protección conservadora y asegurarnos que no aparezcan tensiones de contacto peligrosas. Como conclusión, se debe proteger como TT ante la eventualidad de que no se cumplan todas las condiciones de un esquema TN-S.

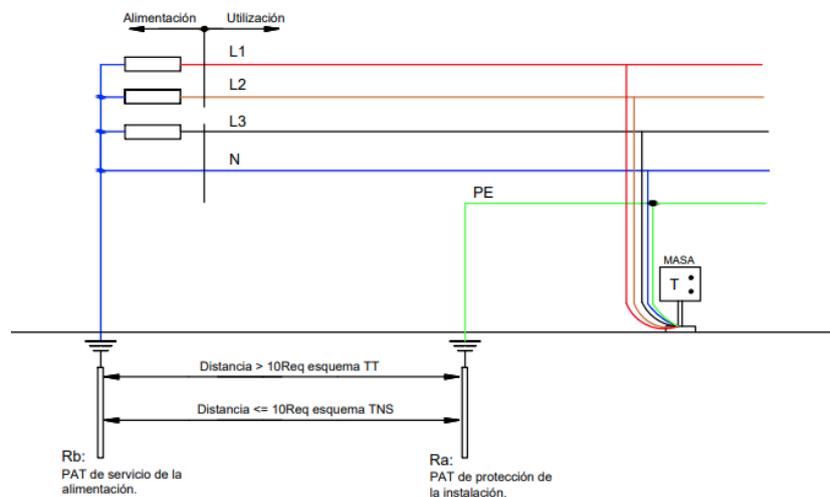


Ilustración 24-Comportamiento del ECT según proximidad de masas

3.9 DETERMINACIÓN DEL ECT DE UNA INSTALACIÓN¹⁴

A la hora de realizar un relevamiento en campo el primer paso es determinar el tipo de ECT que posee la instalación.

Como se explicó anteriormente, el ECT se describe mediante dos o tres letras “XX-X” que dependen de cómo es el vínculo del punto neutro del transformador respecto a tierra, y de las masas de la instalación respecto a tierra, respectivamente.

Al llegar a la instalación se debe hacer un recorrido e inspección visual para determinar la fuente de alimentación de esta. Las instalaciones del rubro petróleo y gas, suelen poseer su propia Subestación Transformadora “SET” reductora de tensión 13,2kV/0,4kV dentro de la instalación o en cercanías de esta.

Luego, para determinar la primera letra del ECT se debe observar lo siguiente: ¿El centro estrella del transformador está puesto a tierra?

Si la respuesta es SI se define la 1° letra del ECT: “**T**”.

Si la respuesta es NO se define la 1° letra del ECT: “**I**”.

Posteriormente se procede a determinar la segunda letra del ECT.

Si la 1° letra del ECT es “T”:

Para determinar la 2° letra del ECT se debe realizar la medición de continuidad eléctrica entre la PAT del transformador y la PAT de las masas eléctricas de la instalación. Se recomienda buscar un punto de referencia dentro de la instalación, como por ejemplo, una jabalina si existe, o el terminal PE de algún tablero. En la siguiente figura se ilustra la situación mencionada:

¹⁴ Se adjunta en el Anexo del PIP un diagrama de flujos con el procedimiento para determinar el ECT de una instalación, realizado por el líder técnico de la empresa Petromark SRL, tutor del presente PIP, y revisado por el estudiante-empleado quien escribe el presente proyecto.

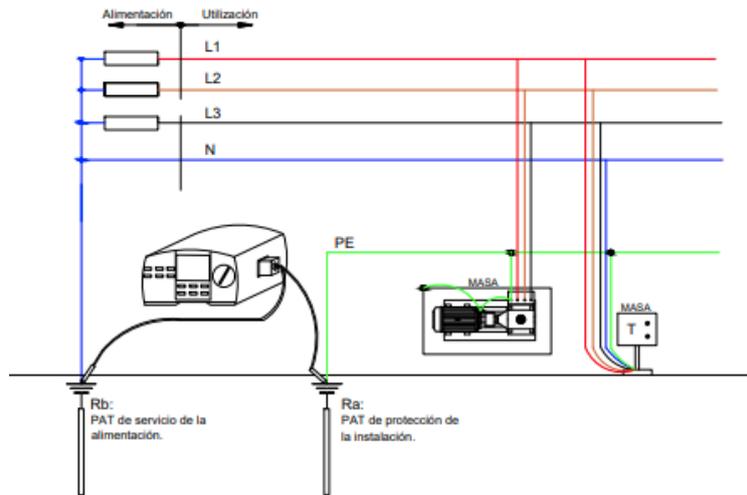


Ilustración 25-Medición de continuidad entre PAT de protección y PAT de servicio

¿Existe continuidad entre el centro estrella del transformador y la malla PAT de la instalación?

Criterio de continuidad:

Se debe optar por un criterio para definir si existe o no continuidad. Por ello, la empresa opta por el siguiente:

-Si el comprobador de instalaciones eléctricas indica que $R > 2000\Omega$ significa que el circuito no es continuo. El equipo observa al lazo como un circuito abierto.

-Si el comprobador de instalaciones eléctricas indica un valor finito de R significa que el circuito es continuo¹⁵, es decir, el vínculo existente es a través de un conductor.

Si la respuesta es NO se define la 2º letra del ECT: “T”.

El ECT queda definido como “TT”.

¹⁵ Se debe tener en cuenta que cuando el valor de continuidad supera, por ejemplo, el valor de 4Ω , el circuito se considera continuo, pero se debe tener en consideración lo siguiente: El ECT es TN, por lo que el lazo de falla está compuesto por conductores. Si existe un defecto por falla de aislación el valor de la corriente puede ser bajo comparado con un ECT TN típico, debido a que el valor de continuidad entre la masa de la instalación y el centro estrella del transformador es elevado ($I_{falla} = 220V/4\Omega = 55A$). En estos casos las protecciones sugeridas anteriormente para un ECT TN pueden no detectar la falla. Si se quiere ser conservador, se puede proteger con D.Diferenciales, tal como un ECT TT.

A modo de recomendación, instalaciones donde el valor de continuidad mencionada es superior a 5Ω , se deben proteger como un esquema TT.

Comprobación de tierra lejana:

Se debe comprobar que el electrodo PAT de protección de la instalación “Ra” esté alejado a una distancia mayor a $10 \cdot R_e$ del electrodo PAT de servicio “Rb”, para que el esquema de conexión a tierra TT no tienda a un TN-S por proximidad de masas.

Si la distancia “d” que separa ambos electrodos es $< 10 \cdot R_e$ [m] el sistema puede tender a un esquema TN, tal como se explicará en la sección “3.8.1 TRANSFORMACIÓN DEL ECT TT HACIA TN-S POR PROXIMIDAD DE TOMAS A TIERRA”.

Si la respuesta es SI (Existe continuidad entre el centro estrella y la tierra de protección) se define la 2° letra del ECT: “N”, y queda definido el ECT como “TN”.

En este caso, se debe realizar un último análisis para determinar la 3° letra del ECT, determinando si es un TN-S o un TN-C.

Se debe inspeccionar visualmente en las masas de la instalación, si el conductor PE está separado del Neutro “N”, es decir, si son conductores diferentes e independientes.

¿El conductor PE está separado del N?

Si la respuesta es SI se determina la 3° letra del ECT: “S”

El ECT queda determinado como “TN-S”.

Si la respuesta es NO se determina la 3° letra del ECT: “C”

El ECT queda determinado como “TN-C”.

Si la 1° letra del ECT es “I”:

En este caso, se debe inspeccionar lo siguiente:

¿Las masas de la instalación se encuentran puestas a tierra?

Si la respuesta es SI, se determina la 2° letra del ECT: “T”.

El ECT queda definido como “IT”.

Si la respuesta es NO, la instalación no posee ECT. Se debe elegir el tipo de ECT conveniente y realizarlo en la instalación.

3.10 MÉTODO DE LA CAÍDA DE POTENCIAL-MEDICIÓN DE RESISTENCIA PAT

La medición de la resistencia de puesta a tierra (PAT) es un aspecto crucial en el diseño y mantenimiento de sistemas eléctricos. La resistencia de PAT se refiere a la capacidad de un sistema para disipar corrientes de falla en la tierra de manera segura y eficiente¹⁶.

Además, la medición regular de la resistencia de PAT permite verificar que el sistema cumple con las normativas y estándares de seguridad eléctrica.

Asimismo, el electrodo de PAT puede verse afectado por factores como la corrosión, cambios en la humedad del suelo o modificaciones en la instalación. Por lo tanto, es recomendable realizar mediciones periódicas para asegurar la efectividad del sistema de puesta a tierra a lo largo del tiempo. La resolución 900/15 indica que las mediciones deben realizarse con un período de 1 año.

En conclusión, la medición de la Resistencia de PAT no solo es un requisito normativo, sino una práctica esencial para garantizar la seguridad operativa y la longevidad de los sistemas eléctricos.

Para la medición de la Resistencia PAT existen diversos métodos, pero el que mayor aprobación global posee, y el que utiliza la empresa en los relevamientos, es el “Método de la caída de potencial” (también conocido como el método del 62%). Para llevar a cabo la medición mediante este método se puede utilizar un Telurímetro o un Comprobador de instalaciones eléctricas.

Principio del método:

Para medir la R_{PAT} de una toma a tierra mediante este método es necesario utilizar 2 picas (ó electrodos) auxiliares. Las picas auxiliares son denominadas P2 “electrodo de voltaje” y C2 “electrodo de corriente”.

El principio del método consiste en que el instrumento inyecta una corriente alterna entre el electrodo a medir “E” y el electrodo de corriente “C2”, y mide la caída de tensión entre

¹⁶ Cabe aclarar que en los esquemas tipo TN las corrientes de falla NO son drenadas a tierra por el electrodo de PAT.

los electrodos “P2” y “E”. Luego, mediante Ley de Ohm, calcula el valor de Resistencia entre P2 y E que representa el valor de Resistencia de puesta a tierra del electrodo “E”.

Lo primero para tener en cuenta, es que para realizar la medición es necesario desvincular el electrodo de tierra “E” de la instalación, por lo que mientras se realiza el ensayo, la misma se encuentra aislada de tierra.

Luego se deben hincar los electrodos auxiliares P2 y C2. Este paso es fundamental para una correcta medición, dado que, si no se elige el punto para clavar los electrodos de manera apropiada, se obtendrá un valor erróneo de R_{PAT} , debido a la influencia que pueden tener los mismos en la medición.

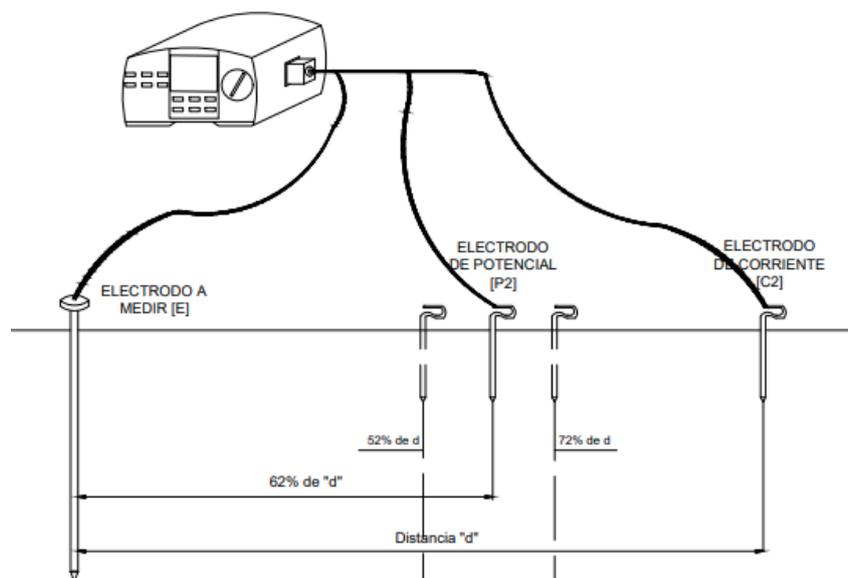


Ilustración 26-Medición de R_{PAT} mediante el método de la caída de potencial

¿Qué es la zona de influencia?

Como se observa en la ilustración 27, el flujo de una corriente de defecto se efectúa primero a través de las resistencias de contacto de la toma de tierra. Una vez en el terreno, la corriente se va difundiendo por el mismo. Con terrenos de resistividad homogénea puede idealizarse este paso suponiendo el terreno formado por capas concéntricas alrededor del electrodo, todas del mismo espesor. La corriente va pasando sucesivamente de una capa a la siguiente. Véase que cada vez la superficie de paso es mayor, y por tanto la resistencia R de cada capa va siendo cada vez menor, hasta llegar a ser despreciable. Al ser la resistencia R cada vez menor, también lo será la caída de tensión ($V = IR$) hasta hacerse despreciable.

A partir de este límite, sea cual sea la corriente de defecto, el potencial es nulo. Existe por lo tanto en torno a cada electrodo de tierra, atravesada por una corriente, una **zona de influencia**. El margen de influencia del electrodo depende de su profundidad y su área. Los electrodos más profundos requieren un mayor alejamiento de la jabalina de corriente. En anillos, mallas o series de jabalinas en paralelo, la influencia del electrodo puede extenderse a decenas de metros.

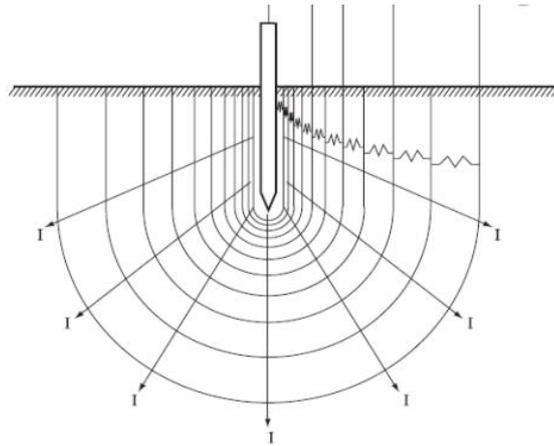


Ilustración 27-Propagación de la corriente de falla a tierra

Durante las medidas, se debe procurar clavar el electrodo P2 al exterior de las zonas de influencia de las tomas auxiliares E y C2. Entonces, se debe elegir correctamente la distancia “d” entre los electrodos E y C2.

Elección de la distancia “d” entre las picas E y C2.

No existe una regla que indique específicamente la elección de la distancia “d”. Como se mencionó anteriormente, mientras más grande sea dicha distancia es mejor para la medición. Por ello, se recomienda como mínimo separar los electrodos E y C2 en 30m. Si el terreno de la instalación lo permite, separar aún más los electrodos.

La elección de la distancia depende de la longitud y características del electrodo, o grupos de electrodos en un mallado, que se quiere medir.

A continuación, se pueden observar dos tablas¹⁷, en la cuales se detallan posibles distancias en [m] para colocar las picas auxiliares “P2” y “C2”, según si se está ensayando un único electrodo de puesta a tierra (tabla 5) o un mallado de PAT compuesto por un

¹⁷ Las tablas fueron obtenidas de la nota técnica “Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales” de la empresa VIDITEC.

grupo de electrodos (tabla 6). Estas tablas pueden servir como regla aproximada para la elección de la distancia “d”.

Tabla 5-Posición aproximada de las picas auxiliares según la regla del 62% (en metros).

Profundidad del electrodo que se está comprobando (E)	Distancia desde E a la pica de referencia de tensión P2	Distancia desde E a la pica de inyección de corriente C2
6	50	82
8	62	100
10	81	131

Tabla 6-Posición aproximada de las picas auxiliares para grupos de electrodos (en metros).

Dimensión mayor (diagonal, diámetro o línea recta) del grupo de electrodos que se están comprobando (E)	Distancia desde E a la pica de referencia de tensión P2	Distancia desde E a la pica de inyección de corriente C2
65	100	165
80	165	265
100	230	330
165	330	560
230	430	655

En las ilustraciones 28 y 29, mostradas a continuación, se observa como afecta a la medición el área de influencia para una mala elección de “d” (ilustración 28), y para una buena elección de “d” (ilustración 29).

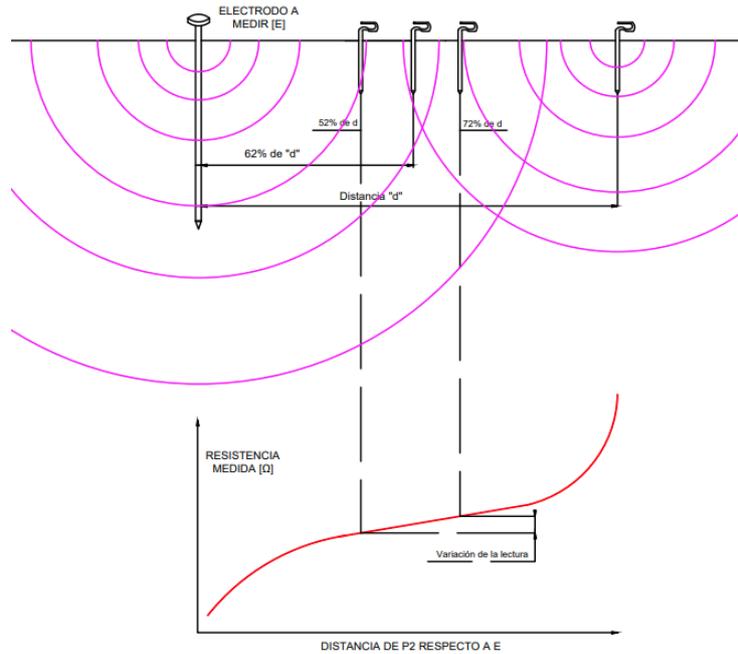


Ilustración 28-Distancia “d” mal dimensionada. Electrodo de potencial dentro de la zona de influencia

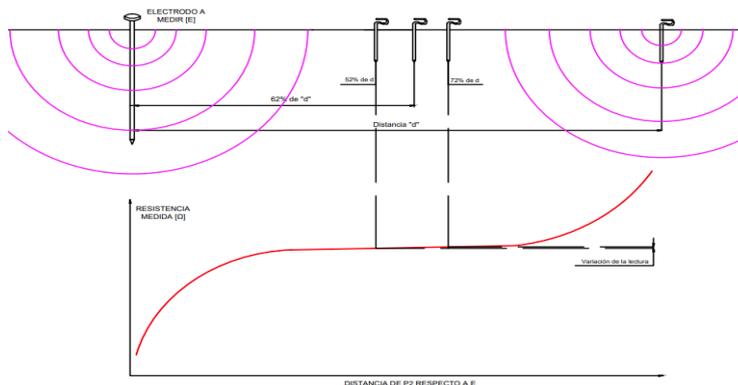


Ilustración 29-Distancia “d” bien dimensionada. Electrodo de potencial fuera de la zona de influencia

El método de la caída de potencial es también conocido como el método del 62%, debido a que se recomienda que para efectuar una correcta medición, es decir que P2 se encuentre fuera de las áreas de influencia de E y C2, se debe hincar a P2 en una distancia igual al 62% de la distancia “d” entre E y C2, respecto del electrodo E.

Se debe medir el valor de R PAT en este punto. Luego, para verificar que la medición no fue afectada por la influencia de E ó de C2, se recomienda mover el electrodo de potencial en $\pm 10\%$ de “d”, es decir, $10\%*d$ hacia delante y $10\%*d$ hacia atrás. El objetivo es verificar que la medición al $62\%*d$ se encontraba en la “parte plana” de la curva de potencial, entonces se deberían obtener valores cercanos en las mediciones $\pm 10\%d$. Si

esto se cumple, quiere decir que la medición se realizó fuera de la zona de influencia de los electrodos y por lo tanto es correcta.

A continuación, se observa una imagen que ilustra la medición de R PAT mediante el método de la caída de potencial.

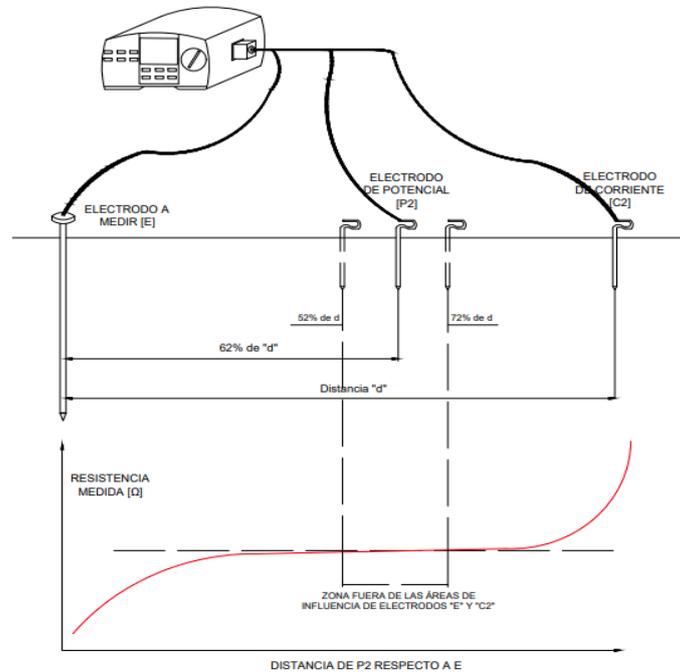


Ilustración 30-Medición de R PAT mediante el método de la caída de potencial

En la ilustración 30, se observa en color rojo, la curva que se obtiene cuando se realizan diversas mediciones desplazando el electrodo P2 desde E hasta C2. Es importante obtener la curva completa cuando al realizar las mediciones en 52% d , 62% d y 72% d , se obtienen valores significativamente distintos. Esto implicaría que los electrodos E y C2 están influenciando a la medición de P2.

Para conocer como realizar la medición con el equipo utilizado por la empresa (METREL EUROTTEST 61557), observar el Manual técnico¹⁸ del equipo.

¹⁸ El mismo se puede obtener desde la página web del fabricante.

4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN RELEVAMIENTO CONFORME A RESOLUCIÓN 900/15 + CONFECCIÓN DE INFORME TÉCNICO

En la presente sección se detallarán los pasos que siguen las cuadrillas de la empresa Petromark S.R.L para realizar un relevamiento en campo. Luego, se explicarán los detalles a tener en cuenta para realizar el informe técnico que se le entrega al cliente, el cual contiene un plan de mejoras para los desvíos encontrados.

4.1 RELEVAMIENTO DE INSTALACIONES

A continuación, se detallan los pasos propuestos para realizar el relevamiento según Resolución 900/15 de la S.R.T. Este paso a paso lo propone el estudiante-empleado, quien escribe el presente proyecto, según la experiencia adquirida en los relevamientos realizados en el año corriente.

1. Recorrida de la instalación e inspección visual:

Al llegar a la instalación se debe realizar una recorrida alrededor del perímetro de la misma, para conocer de dónde proviene la alimentación eléctrica, y qué elementos serán relevados.

Este tipo de instalaciones suele tener su propia Subestación Transformadora (SET) reductora de 13,8kV/04,kV, por lo que se debe ubicar la misma.

También se determina el tipo de terreno¹⁹ que posee la instalación (Lecho seco / Arcilloso / Pantanoso / Lluvias recientes / Arenoso seco o húmedo / Otro).

2. Confección de croquis de la instalación:

Se debe realizar la confección de un croquis de la instalación para que el Data Entry dibuje el plano que se le entregará al cliente en AutoCad. Es importante utilizar una escala apropiada y respetar las distancias entre los elementos de la instalación. En este punto se

¹⁹ El tipo de terreno sirve para aproximar el valor de la resistividad $\rho[\Omega m]$.

deben enumerar los elementos que serán relevados. Este número será el que identifique a los mismos en la planilla de protocolo y en el plano.

3. Identificar el ECT de la instalación.

Tal como se mencionó en la sección “3.9 DETERMINACIÓN DEL ECT DE UNA INSTALACIÓN”.

4. Medir la R_{PAT} de la Tierra de servicio “ R_b ”

En los esquemas TT, TN-S, TN-C y TN-C-S se debe medir la R_{PAT} mediante el método de la caída de potencial, explicado anteriormente en “3.10 MÉTODO DE LA CAÍDA DE POTENCIAL-MEDICIÓN DE RESISTENCIA PAT”

Acorde con la “Guía Práctica de interpretación de la RESOLUCIÓN SRT. 900/2015²⁰” este valor debe ser $<2\Omega$ para un ECT TN-S, y acorde con la normativa AEA 95201-2 “Reglamentación para líneas eléctricas aéreas exteriores-Líneas de baja tensión” punto 15.1.2, debe ser $<10\Omega$. Como se puede observar, la Resolución 900/15 es más conservadora respecto al valor de R_b , y como los relevamientos se realizan conforme a ella, la empresa utiliza el criterio de que R_b debe ser $<2\Omega$.

5. En los ECT TT e IT se debe medir la R_{PAT} de la tierra de protección de la instalación “ R_a ”.

Se debe realizar mediante el método de la caída de potencial. Para los esquemas TT la norma AEA 90364 indica que el valor de esta R debe ser $\leq 40\Omega$, considerando el uso de dispositivos diferenciales de sensibilidad $I\Delta n \leq 300\text{mA}$.

6. Medir continuidades y completar la planilla de continuidades.

Para la medición de continuidad se debe utilizar la función “R LOW Ω ” del equipo METREL EUROTTEST 61557. Dicha función utiliza **200mA** y hasta **24V CA**, tal como exige la Resolución 900/15 para esta medición. Para más detalle, acudir al Manual de uso del equipo mencionado.

Se recomienda elegir un punto de referencia desde el cuál se medirán las continuidades de todas las masas de la instalación. Previamente, se debe medir la continuidad de este punto respecto a la barra de PAT principal en el tablero principal (TP) de la instalación.

²⁰ Se puede descargar desde la página web www.srt.gob.ar

En caso de instalaciones de gran tamaño se pueden utilizar 2 o 3 puntos de referencia, siempre teniendo en cuenta que se debe medir la continuidad con la barra de PAT principal mencionada.

La empresa confeccionó la siguiente planilla para dejar asentadas las continuidades medidas.

Tabla 5-Registro de continuidades

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS										Revisión: 7 Fecha: 3/9/2024	
Datos de cliente				Datos de instalación				Datos del instrumento					
Razón social:		CP:		Área:		UT:		Marca/Modelo:		Serie:			
Dirección:		Localidad:		Ident. PMK:				Fecha de calibración:					
Datos para la medición													
Provincia:		OT:		Fecha de medición:		Hora de inicio:		Hora de finalización:		Método:		BAJO RESOLUCIÓN 900/15	
Datos de la medición													
N°	Instalación	Sector	Función (PE o PAT)	Desde	Hasta	Conductor de línea		Conductor PE o PAT		¿El circuito es continuo y permanente? (SI/NO)	¿El circuito tiene capacidad para conducir la I de falla? (SI/NO)	Información adicional (43)	
						Mat. Cond.	S [mm²]	Mat. Cond.	S [mm²]				
1													
2													
3													
4													
Realizó		Confeccionó				Supervisó				Aprobó			
0		0				0				0			

¿Cómo completar la planilla de Continuidad?

-En el zócalo superior se deben completar los datos que indica la Resolución 900-2015 de la S.R.T: Datos del cliente, de la instalación, del instrumento y de la medición realizada.

-En la columna “N°” se indica el número que se le asigna a cada elemento en el relevamiento.

-En la columna “Instalación” se indica el nombre del elemento.

-En la columna “sector” se brinda más información de la ubicación del elemento. Por ejemplo: Exterior, Shelter, Trailer, etc.

-En la columna “Función” se indica si el conductor cumple la función de PE o de PAT.

-En las columnas “Desde” y “Hasta” se indica el punto inicial y final de la medición, respectivamente. Por ejemplo, en la siguiente ilustración la medición de continuidad se realiza “desde” **Rb** “hasta” **Ra**.

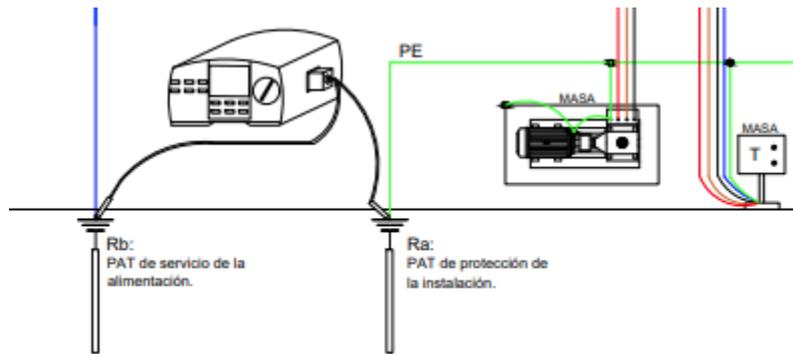


Ilustración 31-Ejemplo de medición de continuidad.

-En la columna “Conductor de línea” se debe mencionar el material del conductor de línea (Cu, Al, etc) y la sección en [mm²] del mismo.

-En la columna “Conductor PE o PAT” se debe mencionar el material del conductor de PE o PAT (Cu, Al, etc) y la sección en [mm²] del mismo.

-En la columna “¿El circuito es continuo y permanente?” se debe completar por SÍ ó por NO. Para que la respuesta sea SÍ, el elemento debe poseer continuidad de masas mediante el conductor PE en todas sus partes componentes. No debe presentar continuidad metálica. En un tablero, un ejemplo de continuidad metálica sería vincular el soporte con la malla de PAT, pero no vincular la envolvente mediante un conductor PE.

-En la columna “¿El circuito tiene capacidad para conducir la I de falla?” se debe completar por SÍ o por NO. Que el circuito posea la capacidad para conducir una I de falla tiene relación con la sección del conductor de protección. Si la sección está correctamente dimensionada, ante un fallo de aislamiento el conductor podrá conducir la corriente sin sufrir daños o roturas. Se completan los datos de los conductores de línea y de PE o PAT, para poder comparar bajo el criterio que brinda AEA 90364, el cual se explicó en la sección “2.6.1 SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y DE PROTECCIÓN”.

-En la columna “Información adicional” se agrega la información que se cree pertinente que conozca el Data entry, dado que él realizará el informe técnico.

-En el zócalo inferior se agregan los datos de los trabajadores que realizaron el relevamiento (Oficial de cuadrilla y ayudante), del Data entry que realiza el informe técnico, del Supervisor y del Líder técnico que aprueba el informe técnico.

asignado a dicho tablero. Este número fue asignado tanto en el croquis de la instalación como en la planilla de continuidades.

-En la columna “Sector” se debe completar detalles sobre el sector de la instalación donde se ubica el punto, por ejemplo, sala de máquinas, galpón, etc.

-La columna “Icc [kA]” se completa cuando se realizan los ensayos. Se describe como completar en secciones posteriores.

-La columna “Zl [Ω]” se completa cuando se realicen los ensayos. Se describe como completar en secciones posteriores.

-En la columna “Tipo” se debe completar el tipo de protección que se está relevando. Por ejemplo “PIA” para un pequeño interruptor automático, “I.A” para un interruptor automático, “FUS” para fusible, “GM” para guardamotor, “DD” para Dispositivo diferencial, etc.

-En la columna “In o Ir [A]” se debe completar el valor de la corriente nominal o regulada (según corresponda) de la protección.

-En la columna “N° de polos” se debe completar la cantidad de polos que posee la protección.

-En la columna “Curva” se debe completar el tipo de curva para las protecciones que corresponde.

-En la columna “Pcc [kA]” se debe completar el Poder de corte (o capacidad de ruptura) que posee la protección.

Bajo el zócalo “Dispositivo Diferencial” se debe completar:

-En la columna “In [A]” se debe completar el valor de la corriente nominal del dispositivo diferencial.

- En la columna “ $I\Delta n$ [mA]” se debe completar el valor de la sensibilidad que posee el dispositivo diferencial.

-En la columna “N° de polos” se debe completar la cantidad de polos que posee el D.D.

-Las columnas bajo el zócalo “td [ms]” y “Rampa” se completarán cuando se realicen los ensayos. Se describe cómo completar estos valores en secciones posteriores.

-La columna “Información adicional” se debe completar la información que se cree pertinente para que conozca el Data entry, dado que el realizará el informe técnico.

-En el zócalo inferior se agregan los datos de los trabajadores que realizaron el relevamiento (Oficial de cuadrilla y ayudante), del Data entry que realiza el informe técnico, del Supervisor y del Líder técnico que aprueba el informe técnico.

8. Ensayar las protecciones.

Se coordina con el personal del cliente para realizar esta tarea, debido a que se necesitan permisos de trabajo especiales para maniobrar las protecciones.

Los ensayos los solicita la Res 900/2015 de la S.R.T para comprobar que las protecciones desconectarían la alimentación de manera automática, ante eventuales contactos indirectos, conforme a los tiempos reglamentarios que indica AEA 90364-4 en su punto 413.1.3.1. A continuación se observa una tabla con los mencionados tiempos:

Tabla 8-Tiempos de desconexión máximos según ECT

Esquema	50V < U _o < 120V		120V < U _o < 230V		230V < U _o < 400V	
	ca	cc	ca	cc	ca	cc
TN	0,4s	a)	0,2s	5s	0,06s	0,2s
TT	0,2s		0,06s	0,2s	0,01s	0,02s

- a) La desconexión puede ser requerida por razones distintas a la de la protección contra choques eléctricos.

Los ensayos que se deben realizar a las protecciones se describen a continuación:

Ensayos para los Dispositivos Diferenciales:

Los Dispositivos Diferenciales (D.D) de cualquier IΔn deben cumplir con los cinco ensayos que la Reglamentación AEA 90364 y la Norma IEC 61008 indican. Para ello se debe emplear un instrumento que cumpla con IEC 61557-6²¹. Los ensayos deben certificar:

²¹ El equipo Metrel EUROTTEST 61557 que utiliza la empresa para estos ensayos esta normalizado con IEC 61557-6.

- Que con la mitad de la corriente diferencial ($1/2 * I_{\Delta n}$) el D.D NO debe disparar.
- Que con una corriente diferencial ($1 * I_{\Delta n}$) aplicada súbidamente el D.D debe disparar en como máximo 300ms.
- Que con una corriente diferencial del doble ($2 * I_{\Delta n}$) aplicada súbidamente el D.D debe disparar en como máximo 150ms.
- Que con una corriente diferencial igual a ($5 * I_{\Delta n}$) aplicada súbidamente el D.D debe disparar en como máximo 40ms.
- Que aplicando una corriente diferencial que crezca en forma gradual²² el disparo se produzca con una $I_{\Delta n}$ comprendida entre $0,5 * I_{\Delta n}$ y $1 * I_{\Delta n}$, y que el tiempo de actuación se encuentre dentro de los 300ms.

El equipo METREL EUROTTEST 61557 tiene la función interna para ensayar diferenciales. Se debe colocar el selector en “RCD” y seleccionar la función “Auto”. Con esta configuración el equipo inyecta las corrientes diferenciales ($1/2 * I_{\Delta n}$, $1 * I_{\Delta n}$ y $5 * I_{\Delta n}$) mencionadas anteriormente, y brinda los tiempos en los que dispara el dispositivo. Luego, se debe seleccionar la función “RCD I”, la cual realiza el ensayo conocido como “rampa” y la función “RCD t” con el multiplicador en “x2” para realizar el ensayo de $2 * I_{\Delta n}$. De esta manera, se completan los ensayos solicitados por la Resolución para los Dispositivos diferenciales.

Para más detalle, acudir el Manual técnico del equipo Metrel.

Ensayos para los Interruptores Automáticos:

Si la protección contra los contactos indirectos se realiza mediante Interruptores Automáticos que cumplen con IEC 60947-2, se deberá verificar por medición o por cálculo la corriente de falla entre el conductor de línea y el PE en cada masa que se pretende proteger. Con el equipo METREL EUROTTEST 61557, mediante la función “Zloop” se simula una falla entre el conductor de fase y el conductor de protección, es decir, un fallo de aislación en el punto bajo análisis. Con este ensayo se obtiene el valor de la corriente presunta de falla “Ifallo”.

²² Este ensayo es también conocido como ensayo “rampa” debido a la curva que sigue la corriente inyectada por el equipo.

- Para validar el funcionamiento de la protección el valor de la I_{fallo} obtenido debe ser un 20 % mayor que el valor ajustado frente al cortocircuito “ I_m ” en el interruptor automático, para tener en cuenta la tolerancia de éste en el disparo, tolerancia establecida en la Norma IEC mencionada.

De esta manera nos aseguramos de que la protección desconectará la alimentación en caso del contacto indirecto.

Ensayos para los Pequeños Interruptores Automáticos:

Si la protección contra los contactos indirectos se realiza mediante Pequeño Interruptor Automático (PIA) que cumplen con IEC 60898, se deberá verificar por medición o por cálculo la corriente de falla entre el conductor de línea y el PE en cada masa que se pretende proteger. De igual manera que en los I. Automáticos la corriente de fallo se obtiene mediante la función “Zloop” del equipo.

- Para validar el funcionamiento de la protección, el valor de I_{fallo} obtenido debe ser mayor que el máximo valor de disparo del PIA (5x I_n en un PIA B; 10x I_n en un PIA C y 20x I_n en un PIA D).

De esta manera nos aseguramos de que la protección desconectará la alimentación en caso del contacto indirecto.

Ensayos para los Guardamotores:

La resolución no indica el tipo de ensayos para este tipo de dispositivo, pero considerando que el principio de funcionamiento de esta es similar al I.A ó el P.I.A se debe realizar el mismo ensayo. Se obtiene el valor de I_{fallo} en la masa que se quiere proteger y se asegura que el disparo magnético de la protección es un 20% menor que el valor de la corriente. Una regla general que se utiliza como criterio en la empresa es que el disparo magnético del GM es igual a 13* I_n .

Ensayos para los Fusibles:

Si la protección contra los contactos indirectos se realiza mediante fusibles que cumplen con IEC 60269, se deberá verificar por medición o por cálculo la corriente de falla entre el conductor de línea y el PE en cada masa que se pretende proteger. Al igual que en los dispositivos anteriores, se utiliza la función “Zloop” del instrumento para hallar el valor de I_{fallo} en la masa a verificar.

- La protección será efectiva si se verifica que las corrientes de falla medidas o calculadas logran fundir los respectivos fusibles en tiempos menores a los que indica la norma AEA 90364-4 punto 413.1.3.1:

En el caso de ECT TN:

-5s para circuitos seccionales.

-0,2s para circuitos terminales.

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo verificar la correcta actuación del fusible ante contacto indirecto:

Se analiza la siguiente situación, encontrada durante el relevamiento en instalación “Slug Catcher²³”: En el tablero general de la SET se realiza el ensayo de Zloop y se obtiene una corriente de falla²⁴ de $I=660A$. El tablero posee como protección un Fusible de $I_n=250A$ tipo gL de $P_{cc}=120kA$. Se comprueba si el fusible logra desconectar la alimentación bajo los tiempos reglamentarios, con la ayuda de la curva característica del fusible²⁵, de la siguiente manera:

Se ingresa a la curva con la corriente de falla obtenida en el ensayo, en este caso 660A, y se dirige verticalmente hasta intersectar con la curva del fusible, que depende de su corriente nominal, en este caso 250A. En el punto de intersección se dirige horizontalmente hacia el eje de tiempos, donde nos dirá el tiempo en el que el fusible se funde desconectando la alimentación.

En este caso con el valor de corriente de falla obtenido, se puede observar que la falla persiste más de 100s para lograr fundir el fusible. Por lo tanto, este punto no se encuentra correctamente protegido ante contactos indirectos.

²³ El informe mencionado se puede observar en el Anexo de este trabajo

²⁴ Cabe aclarar que esta corriente no es de cortocircuito, sino que simula a una falla de aislación. Es por ello, que su valor es menor que una presunta corriente de cortocircuito en dicho punto.

²⁵ La curva se obtiene desde el catálogo del fabricante.

-En la columna “[ZI]” se completa el valor obtenido, mediante el mismo ensayo, de la impedancia de lazo en el punto.

Cuando se ensayan Interruptores diferenciales:

-En la columna “ $0,5I_n$ ” se completa el tiempo en [ms] que tarda la protección en actuar para un valor de corriente diferencial igual a $0,5I_n$. El instrumento inyecta una corriente en sentido positivo (0°) y negativo (180°).

-En la columna “ $1I_n$ ” se completa el tiempo en [ms] que tarda la protección en actuar para un valor de corriente diferencial igual a $1I_n$. El instrumento inyecta una corriente en sentido positivo (0°) y negativo (180°).

-En la columna “ $2I_n$ ” se completa el tiempo en [ms] que tarda la protección en actuar para un valor de corriente diferencial igual a $2I_n$. El instrumento inyecta una corriente en sentido positivo (0°) y negativo (180°).

-En la columna “ $5I_n$ ” se completa el tiempo en [ms] que tarda la protección en actuar para un valor de corriente diferencial igual a $5I_n$. El instrumento inyecta una corriente en sentido positivo (0°) y negativo (180°).

-En las columnas “ I_d [mA]” y “ t_d [ms]” se completan los valores del ensayo de “Rampa”. Este es aquel en el que se aplica una corriente diferencial que crece en forma gradual. Se completa el valor de corriente al cual interrumpió el paso el D.D y el tiempo de la actuación.

9. Completar la planilla de “Protocolo”.

A continuación, se muestra la planilla que confeccionó la empresa en base a las tablas que la Resolución 900-15 de la S.R.T indica en su ANEXO 1.

-En la columna “Esquema de conexión a tierra” se debe completar el tipo de ECT que posee la instalación.

Bajo el zócalo “Medición de la puesta a tierra” se debe completar:

-En la columna “Valor obtenido en la medición” se completa el valor de Resistencia de PAT²⁶ obtenido bajo el método de la caída de potencial para los esquemas TT e IT, y de continuidad respecto a la malla de PAT para esquemas TN-S y TN-C.

-En la columna “Cumple (SI/NO)” se debe completar por SÍ o por NO, según el valor medido en la columna anterior. Como se mencionó anteriormente, el valor debe ser $\leq 40\Omega$ para los ECT TT.

Para los ECT TN se mencionó que se mide continuidad. Entonces, el criterio para definir si cumple o no, se utiliza la expresión: $R = \frac{\rho * l}{S}$, con los valores de ρ (Resistividad del material en $\Omega\text{m/mm}^2$), l (Longitud del conductor en m) y S (sección del conductor en mm^2).

Se compara el valor obtenido mediante medición con el teórico que se encuentra mediante la expresión, y si el valor obtenido en la práctica es 25% mayor respecto al teórico se podría concluir que NO cumple.

Bajo el zócalo “Continuidad de masas” se debe completar:

-En la columna “El circuito de PAT es continuo y permanente” se debe completar por SÍ o por NO. Para ello, se verifica según la planilla de Continuidades completada anteriormente. Para describir cómo se debe dilucidar si es continuo y permanente, o no, se utiliza el siguiente ejemplo:

Supóngase un tablero que posee los siguientes elementos componentes: Soporte, envolvente y tapa.

Se completó la planilla de continuidades del elemento y resultó en lo siguiente:

²⁶ En esquemas TN no se mide R_{PAT} en todos los puntos, dado que las corrientes de falla de aislación NO son corrientes de falla a tierra. Por ello, la empresa optó por el criterio de que en esta columna se agregue el valor de continuidad respecto al mallado de PAT. Por ejemplo, continuidad entre el soporte de un tablero y la malla de PAT. De esta manera se tiene una idea del estado de la conexión, conociendo los órdenes de magnitud según el tipo de conductor y la distancia medida.

Tabla 11-Planilla de continuidades en ejemplo ilustrativo

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS										Revisión: 7 Fecha: 3/9/2024		
Datos de cliente					Datos de instalación					Datos del instrumento				
Razón social:		Área:			Marca/Modelo									
CUIT:		UT:			Serie:									
Dirección:		Ident. PMK:			Fecha de calibración:									
Localidad:														
Provincia:		Fecha de medición:			Hora de inicio:		Hora de finalización:		Método		BAJO RESOLUCIÓN 900/15			
Datos de la medición														
N°	Instalación	Código equipo	N° toma de tierra	Sector	Función (PE o PAT)	Desde	Hasta	Conductor de línea		Conductor PE o PAT		¿El circuito es continuo y permanente? (SI/NO)	¿El circuito tiene capacidad para conducir la I de falla? (SI/NO)	Información adicional ⁽⁴¹⁾
								Mat. Cond.	S [mm ²]	Mat. Cond.	S [mm ²]			
1	Tablero	-	1	Exterior	PE	Malla PAT	Soporte	Cu	-	Cu	25	SI	SI	Vincular envoltura al soporte mediante conductor PE
						Soporte	Envoltura	Cu	6	Cu	-	NO	NO	
						Envoltura	Tapa	Cu	-	Cu	2,5	SI	SI	
4														
5														

Se observa que desde el soporte hasta la envoltura la continuidad de masas es metálica, dado que la conexión no se da mediante un conductor de Cobre apropiado. Por lo tanto, en este elemento no todas sus partes componentes cumplen con la continuidad de masas.

Entonces, en este caso, en la columna de “El circuito de PAT es continuo y permanente” de la planilla de protocolo se debe completar por NO.

A continuación, se observan dos figuras, en la primera se observa el ejemplo ilustrado en párrafos anteriores, y en la segunda como debe ser la conexión del tablero para verificar los requisitos de la Resolución respecto a la continuidad de masas:

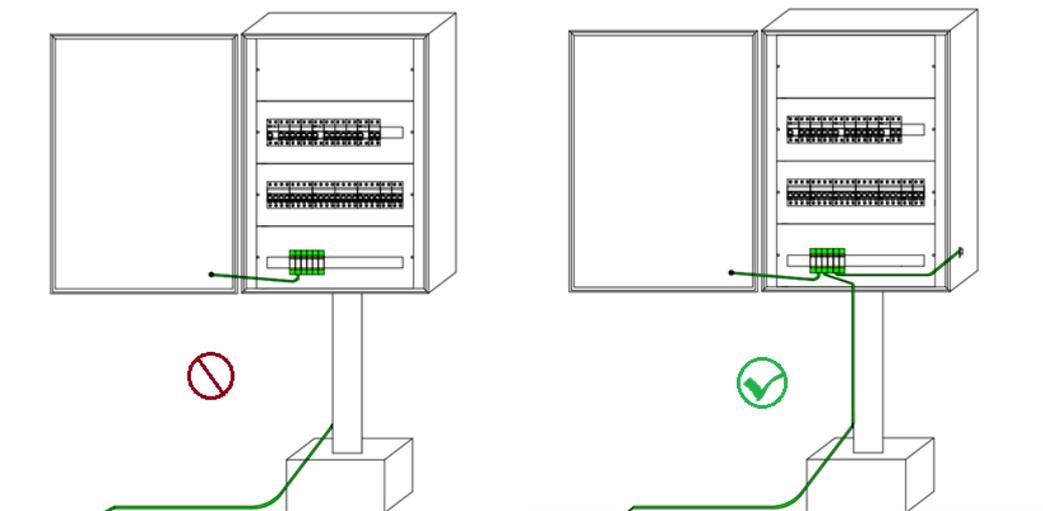


Ilustración 33-Ejemplo de continuidad de masas en tablero.

-En la columna “El circuito PAT tiene capacidad de carga p/conducir la corriente de falla” se debe completar por SÍ o por NO. Para completar este dato también se debe utilizar la planilla de continuidades.

Se utiliza el siguiente ejemplo para ilustrar si un elemento posee capacidad de carga, o no.

Tabla 12-Planilla de continuidades en ejemplo ilustrativo

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS										Revisión: 7 Fecha: 3/9/2024			
Datos de cliente					Datos de instalación					Datos del instrumento					
Razón social:		CP:			Área:		UT:			Marca/Modelo		Serie:			
CUIT:					Ident. PMK:					Fecha de calibración:					
Dirección:															
Localidad:															
Provincia:		OT:			Fecha de medición:		Hora de inicio:		Hora de finalización:		Método		BAJO RESOLUCIÓN 900/15		
Datos de la medición															
N°	Instalación	Código equipo	N° toma de tierra	Sector	Función (PE o PAT)	Desde	Hasta	Conductor de línea		Conductor PE o PAT		¿El circuito es continuo y permanente? (SI/NO)	¿El circuito tiene capacidad para conducir la I de falla? (SI/NO)	Información adicional ⁽⁴⁾	
								Mat. Cond.	S [mm ²]	Mat. Cond.	S [mm ²]				
5	Bomba	-	5	Exterior	PE	Malla PAT	SKID	Cu	-	Cu	25	SI	SI		
						SKID	Carcasa de bomba	Cu	-	Cu	6	SI	SI		
						SKID	Tablero bomba	Cu	10	Cu	6	SI	NO	Aumentar sección del conductor PE a 10mm ²	
6															
7															

La bomba del ejemplo cumple con ser continuo y permanente en todas sus partes componentes, pero si se observa la alimentación del conductor de línea es de 10mm², mientras que el conductor PE en el tramo SKID-Tablero bomba es de 6mm². Como se explicó en secciones anteriores, la sección del conductor PE está mal dimensionado según AEA 90364, dado que debería poseer la misma sección que el conductor de línea.

Entonces, en este caso, en la columna de “El circuito de PAT tiene capacidad de carga p/conducir la corriente de falla”, de la planilla de protocolo, se debe completar por NO.

-En la columna “Para la protección contra contactos indirectos se utiliza:” se debe completar el tipo de protección que se utiliza en el punto²⁷ (DD, PIA, IA, FUS, etc). Este dato se obtiene de la planilla de Mediciones completada anteriormente.

-En la columna “El dispositivo de protección empleado ¿Puede desconectar en forma automática la alimentación?²⁸” se debe completar por SÍ o por NO. Esta columna define si el elemento verifica o no los requisitos de la Resolución 900-15. Para que el elemento cumpla con los requisitos se debe haber completado con SÍ las columnas anteriores simultáneamente, y además se debe comprobar que la protección del elemento desconectará la alimentación ante un contacto indirecto. Para ello se utilizan los criterios mencionados en el punto 8 “Ensayar las protecciones” de la presente sección.

²⁷ : Para las masas extrañas de la instalación se debe completar con “N/A” (no aplica).

²⁸ Para las masas extrañas de la instalación se debe completar con “N/A” (no aplica).

- En el zócalo inferior se agregan los datos de los trabajadores que realizaron el relevamiento (Oficial de cuadrilla y ayudante), del Data entry que realiza el informe técnico, del Supervisor y del Líder técnico que aprueba el informe técnico.

4.2 CONFECCIÓN DEL INFORME TÉCNICO-PLAN DE MEJORAS

10. Confección del informe técnico-Plan de mejoras.

El Data Entry recibe el relevamiento realizado en campo y debe confeccionar el informe que se le entregará al cliente.

Formato del informe:

- **1er página:** Caratula.

Tabla 13-Caratula informe técnico

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS		Revisión: 7
RUC: 200-01-02				Fecha: 2/9/2024
Datos de cliente				
Razón social	Dirección		Área	
CUIT	CP	LPT		
Dirección	Ubicación PMS			
Localidad				
Provincia				
Datos del instrumento			Datos para la medición	
Marca/Modelo	Fecha de medición		Hora de inicio	
Serie	Hora de finalización			
Fecha de calibración	01/05/1997	Método	BAJO RESOLUCIÓN 900/15	
Observaciones				
RECINTO - YACIMIENTO				
IMAGEN SATELITAL				
Latitud:				
Longitud:				
Documentación adjunta				
Realizó	Confeccionó	Supervisó	Aprobó	

-En el zócalo superior se deben completar los datos que indica la Resolución 900-2015 de la S.R.T: Datos del cliente, de la instalación, del instrumento y de la medición realizada.

		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS		Revisión: 7 Fecha: 3/9/2024	
RIO-200-03-02					
Datos de cliente					
Razón social:				Área:	
CUIT:		CP:		UT:	
Dirección:				Ident. PMK:	
Localidad:				Datos para la medición	
Provincia:				Fecha de medición:	
Datos del instrumento					
Marca/Modelo				Hora de inicio:	
Serie:				Hora de finalización:	
Fecha de calibración:				Método:	BAJO RESOLUCIÓN 900/15

-Se completa el nombre de la instalación y del yacimiento. Luego se debe pegar una imagen satelital de la instalación. Por ello, la cuadrilla toma las coordenadas de la instalación mediante un GPS. El Data Entry de la empresa Petromark S.R.L utiliza Google Earth para visualizar la instalación. Debajo de la imagen, se completan las coordenadas.

<small>Observaciones</small>
RECINTO - YACIMIENTO
IMAGEN SATELITAL
Latitud: Longitud:

-Se completa la documentación que se adjunta, en el caso de la Empresa siempre se entregan al cliente:

- RELEVAMIENTO DE PAT EN "INSTALACIÓN"
- PLANO GENERAL

Documentación adjunta	

-Por último, en el zócalo inferior se completan los datos de los operadores de la cuadrilla (Oficial/Ayudante) que relevaron la instalación, el empleado que confecciona el informe (Data Entry), el supervisor y el que aprueba el informe (Líder técnico PAT).

Realizó	Confeccionó	Supervisó	Aprobó

- **2da página:** Planilla de Protocolo:

Se transcribe la planilla según completó la cuadrilla en el relevamiento. Se comprueba la coherencia entre las planillas de protocolo, mediciones y continuidades.

Una vez completada la planilla se pintan las filas con el siguiente criterio:

- Color verde: Aquellos elementos que cumplen con los requisitos de la Resolución 900-15 de la S.R.T.
- Color rojo: Aquellos elementos que no cumplen con los requisitos de la Resolución 900-15 de la S.R.T.
- Color blanco: Aquellos elementos que no se conoce si se cumple con los requisitos de la Resolución 900-15 de la S.R.T. Existen casos donde no se puede asegurar si se cumple o no, porque no se pudo abrir un tablero o cuestiones similares.

- **3er página:** Planilla de Mediciones:

Se transcribe la planilla según completó la cuadrilla en el relevamiento.

- **4ta página:** Análisis de los datos y mejoras a realizar:

Tabla 14-Hoja de Plan de mejoras del informe técnico

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MREJAS		Revisión: 7
VIC 020-03-02				Fecha: 8/9/2024
Datos de cliente		Datos de instalación		
Razón social:	CP:	Serie:	LPI:	
Dirección:	CP:	Serie:	LPI:	
Localidad:		Datos para la medición		
Provincia:		Fecha de medición:		
Datos del instrumento		Fecha de inicio:		
Marca/Modelo:		Fecha de finalización:		
Serie:		Módulo:		
Fecha de calibración:		BAJOS RESOLUCIÓN 900/15		
Análisis de los Datos y Mejoras a Realizar				
(39) Conclusiones		(40) Recomendaciones para la adecuación a la legislación vigente		
Realizó:	Confirmando:	Supervisó:	Aprobó:	

-En los zócalos superior e inferior se completan los datos mencionados en planillas anteriores.

-En el centro de la planilla se divide la hoja en dos: Conclusiones por un lado, y Recomendaciones para la adecuación a la legislación vigente por el otro. Lo que se completa en las mencionadas columnas contempla el **PLAN DE MEJORAS** que solicita la Resolución 900-15 de la S.R.T para aquellos desvíos encontrados en el relevamiento.

(39) Conclusiones	(40) Recomendaciones para la adecuación a la legislación vigente

-El criterio para completar el Plan de mejoras es el siguiente:

Se observan en la planilla de Protocolo aquellos puntos pintados en rojo (los que no cumplen los requisitos) y se determina por qué no cumplen. Para dilucidar cuál es el no cumplimiento se pueden realizar las siguientes preguntas:

- ¿El valor de Resistencia de PAT o de continuidad (según corresponda) cumple?
- ¿El elemento cumple con la condición de ser continuo y permanente en todas sus partes componentes?
- ¿El conductor de protección PE o de puesta a tierra PAT posee la sección adecuada? Es decir, ¿Posee capacidad de carga para conducir una corriente de falla?
- ¿El dispositivo de protección empleado logra desconectar la alimentación en caso de contacto indirecto?

Luego, en la parte de “Conclusiones” se explican los desvíos encontrados. En la columna de “Recomendaciones para la adecuación a la legislación vigente” se proponen soluciones para que el punto logre cumplir con los requisitos de la Resolución.

Algo importante a aclarar es que en esta página del informe no sólo se exponen desvíos y soluciones. La empresa también optó por brindar los detalles y conclusiones que cree importante, como por ejemplo, desde donde se alimenta la instalación, como se determinó el ECT, etc.

- 5ta página: Registro fotográfico:

Tabla 15-Registro fotográfico

petromark		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MASAS		Formulario 7	
Fecha: 8/1/2024		Lugar de instalación:		Fecha: 8/1/2024	
Ubicación:		Código:		Código:	
Descripción:		Código:		Código:	
Observaciones:		Fecha de medición:		Fecha de medición:	
Datos del instalador:		Nombre del instalador:		Nombre del instalador:	
Fecha de calibración:		Instituto:		Instituto:	
Registro fotográfico:		Registro fotográfico:		Registro fotográfico:	
#1:		#2:		#3:	
#4:		#5:		#6:	
#7:		#8:		#9:	
#10:		#11:		#12:	
#13:		#14:		#15:	
#16:		#17:		#18:	
#19:		#20:		#21:	
#22:		#23:		#24:	
#25:		#26:		#27:	
#28:		#29:		#30:	
#31:		#32:		#33:	
#34:		#35:		#36:	
#37:		#38:		#39:	
#40:		#41:		#42:	
#43:		#44:		#45:	
#46:		#47:		#48:	
#49:		#50:		#51:	
#52:		#53:		#54:	
#55:		#56:		#57:	
#58:		#59:		#60:	
#61:		#62:		#63:	
#64:		#65:		#66:	
#67:		#68:		#69:	
#70:		#71:		#72:	
#73:		#74:		#75:	
#76:		#77:		#78:	
#79:		#80:		#81:	
#82:		#83:		#84:	
#85:		#86:		#87:	
#88:		#89:		#90:	
#91:		#92:		#93:	
#94:		#95:		#96:	
#97:		#98:		#99:	
#100:		#101:		#102:	
#103:		#104:		#105:	
#106:		#107:		#108:	
#109:		#110:		#111:	
#112:		#113:		#114:	
#115:		#116:		#117:	
#118:		#119:		#120:	
#121:		#122:		#123:	
#124:		#125:		#126:	
#127:		#128:		#129:	
#130:		#131:		#132:	
#133:		#134:		#135:	
#136:		#137:		#138:	
#139:		#140:		#141:	
#142:		#143:		#144:	
#145:		#146:		#147:	
#148:		#149:		#150:	
#151:		#152:		#153:	
#154:		#155:		#156:	
#157:		#158:		#159:	
#160:		#161:		#162:	
#163:		#164:		#165:	
#166:		#167:		#168:	
#169:		#170:		#171:	
#172:		#173:		#174:	
#175:		#176:		#177:	
#178:		#179:		#180:	
#181:		#182:		#183:	
#184:		#185:		#186:	
#187:		#188:		#189:	
#190:		#191:		#192:	
#193:		#194:		#195:	
#196:		#197:		#198:	
#199:		#200:		#201:	
#202:		#203:		#204:	
#205:		#206:		#207:	
#208:		#209:		#210:	
#211:		#212:		#213:	
#214:		#215:		#216:	
#217:		#218:		#219:	
#220:		#221:		#222:	
#223:		#224:		#225:	
#226:		#227:		#228:	
#229:		#230:		#231:	
#232:		#233:		#234:	
#235:		#236:		#237:	
#238:		#239:		#240:	
#241:		#242:		#243:	
#244:		#245:		#246:	
#247:		#248:		#249:	
#250:		#251:		#252:	
#253:		#254:		#255:	
#256:		#257:		#258:	
#259:		#260:		#261:	
#262:		#263:		#264:	
#265:		#266:		#267:	
#268:		#269:		#270:	
#271:		#272:		#273:	
#274:		#275:		#276:	
#277:		#278:		#279:	
#280:		#281:		#282:	
#283:		#284:		#285:	
#286:		#287:		#288:	
#289:		#290:		#291:	
#292:		#293:		#294:	
#295:		#296:		#297:	
#298:		#299:		#300:	
#301:		#302:		#303:	
#304:		#305:		#306:	
#307:		#308:		#309:	
#310:		#311:		#312:	
#313:		#314:		#315:	
#316:		#317:		#318:	
#319:		#320:		#321:	
#322:		#323:		#324:	
#325:		#326:		#327:	
#328:		#329:		#330:	
#331:		#332:		#333:	
#334:		#335:		#336:	
#337:		#338:		#339:	
#340:		#341:		#342:	
#343:		#344:		#345:	
#346:		#347:		#348:	
#349:		#350:		#351:	
#352:		#353:		#354:	
#355:		#356:		#357:	
#358:		#359:		#360:	
#361:		#362:		#363:	
#364:		#365:		#366:	
#367:		#368:		#369:	
#370:		#371:		#372:	
#373:		#374:		#375:	
#376:		#377:		#378:	
#379:		#380:		#381:	
#382:		#383:		#384:	
#385:		#386:		#387:	
#388:		#389:		#390:	
#391:		#392:		#393:	
#394:		#395:		#396:	
#397:		#398:		#399:	
#400:		#401:		#402:	
#403:		#404:		#405:	
#406:		#407:		#408:	
#409:		#410:		#411:	
#412:		#413:		#414:	
#415:		#416:		#417:	
#418:		#419:		#420:	
#421:		#422:		#423:	
#424:		#425:		#426:	
#427:		#428:		#429:	
#430:		#431:		#432:	
#433:		#434:		#435:	
#436:		#437:		#438:	
#439:		#440:		#441:	
#442:		#443:		#444:	
#445:		#446:		#447:	
#448:		#449:		#450:	
#451:		#452:		#453:	
#454:		#455:		#456:	
#457:		#458:		#459:	
#460:		#461:		#462:	
#463:		#464:		#465:	
#466:		#467:		#468:	
#469:		#470:		#471:	
#472:		#473:		#474:	
#475:		#476:		#477:	
#478:		#479:		#480:	
#481:		#482:		#483:	
#484:		#485:		#486:	
#487:		#488:		#489:	
#490:		#491:		#492:	
#493:		#494:		#495:	
#496:		#497:		#498:	
#499:		#500:		#501:	
#502:		#503:		#504:	
#505:		#506:		#507:	
#508:		#509:		#510:	
#511:		#512:		#513:	
#514:		#515:		#516:	
#517:		#518:		#519:	
#520:		#521:		#522:	
#523:		#524:		#525:	
#526:		#527:		#528:	
#529:		#530:		#531:	
#532:		#533:		#534:	
#535:		#536:		#537:	
#538:		#539:		#540:	
#541:		#542:		#543:	
#544:		#545:		#546:	
#547:		#548:		#549:	
#550:		#551:		#552:	
#553:		#554:		#555:	
#556:		#557:		#558:	
#559:		#560:		#561:	
#562:		#563:		#564:	
#565:		#566:		#567:	
#568:		#569:		#570:	
#571:		#572:		#573:	
#574:		#575:		#576:	
#577:		#578:		#579:	
#580:		#581:		#582:	
#583:		#584:		#585:	
#586:		#587:		#588:	
#589:		#590:		#591:	
#592:		#593:		#594:	
#595:		#596:		#597:	
#598:		#599:		#600:	
#601:		#602:		#603:	
#604:		#605:		#606:	
#607:		#608:		#609:	
#610:		#611:		#612:	
#613:		#614:		#615:	
#616:		#617:		#618:	
#619:		#620:		#621:	
#622:		#623:		#624:	
#625:		#626:		#627:	
#628:		#629:		#630:	
#631:		#632:		#633:	
#634:		#635:		#636:	
#637:		#638:		#639:	
#640:		#641:		#642:	
#643:		#644:		#645:	
#646:		#647:		#648:	
#649:		#650:		#651:	
#652:		#653:		#654:	
#655:		#656:		#657:	
#658:		#659:		#660:	
#661:		#662:		#663:	
#664:		#665:		#666:	
#667:		#668:		#669:	
#670:		#671:		#672:	
#673:		#674:		#675:	
#676:		#677:		#678:	
#679:		#680:		#681:	
#682:		#683:		#684:	
#685:		#686:		#687:	
#688:		#689:		#690:	
#691:		#692:		#693:	
#694:		#695:		#696:	
#697:		#698:		#699:	
#700:		#701:		#702:	
#703:		#704:		#705:	
#706:		#707:		#708:	
#709:		#710:		#711:	
#712:		#713:		#714:	
#715:		#716:		#717:	
#718:		#719:		#720:	
#721:		#722:		#723:	
#724:		#725:		#726:	
#727:		#728:		#729:	
#730:		#731:		#732:	
#733:		#734:		#735:	
#736:		#737:		#738:	
#739:		#740:		#741:	
#742:		#743:		#744:	
#745:		#746:		#747:	
#748:		#749:		#750:	
#751:		#752:		#753:	
#754:		#755:		#756:	
#757:		#758:		#759:	
#760:		#761:		#762:	
#763:		#764:		#765:	
#766:		#767:		#768:	
#769:		#770:		#771:	
#772:		#773:		#774:	
#775:		#776:		#777:	
#778:		#779:		#780:	
#781:		#782:		#783:	

-En esta página se agregan fotografías que sacó la cuadrilla en el relevamiento. Es útil para adjuntar fotografías de desvíos o características que se cree importante detallar en el informe.

Registro Fotografico		
# 1-	# 2-	# 3-

- 6ta página: Anexo:

Tabla 16-Anexo del informe

		REGISTRO DE MEDICIÓN Y MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA Y MEDICIÓN DE LA CONTINUIDAD DE LAS MAGAS		Revisión: 7
NO 200-09-02		LAS MAGAS		Fecha: 3/1/2023
Datos de cliente		Datos de instalación		
Razón social:	Área:			
CUIT:	CP:	UT:		
Dirección:	Ident. P.M.R.:			
Localidad:	Datos para la medición			
Provincia:	Fecha de medición:			
Datos del instrumento		Hora de inicio:		
Marca/Modelo:	Hora de finalización:			
Serie:	Método:	BAJO RESOLUCIÓN 906/15		
Fecha de calibración:				
Anexo 01 -				
Realizó	Coordinó	Supervisó	Aprobó	

-En el Anexo se puede adjuntar alguna información que se crea importante para entregar al cliente.

11. Dibujar el plano en AutoCad.

El data entry debe dibujar el plano de la instalación respaldándose en el croquis que dibujó la cuadrilla en el relevamiento. También, el data entry se apoya en la imagen satelital que provee Google Earth para obtener las distancias de la instalación.

En el plano se agregan las referencias de los elementos usados y se identifica cada punto bajo el siguiente criterio:

- PUNTO CON PRESENCIA DE TENSIÓN RESPECTO AL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA QUE LO CONTIENE.
- PUNTOS QUE NO CUMPLEN CON LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN 900/15 DE LA SRT.
- PUNTOS QUE CUMPLEN CON LO ESTABLECIDO EN LA RESOLUCIÓN 900/15 DE LA SRT.
- PUNTO QUE NO PUDO SER RELEVADO (S/D).

Entonces, cada elemento dibujado debe estar acompañado del número que se le asignó en el relevamiento y del indicador mostrado anteriormente.

5. TRABAJOS REALIZADOS

A título informativo, se mencionan algunos de los trabajos realizados, los cuales por una cuestión de confidencialidad se omiten los datos de las empresas dueñas de las instalaciones (clientes de Petromark). Por otra parte, dada la cantidad de planillas que implica un relevamiento conforme a la resolución 900-15, cada uno de los trabajos realizados se pueden observar en el Anexo del presente Proyecto Integrador Profesional.

5.1.- SLUG CATCHER, realizado el 24 de mayo del 2024. Relevamiento conforme a Resolución 900, medición de impedancia de Lazo. Medición de PAT – Medición de continuidades – Verificación de actuación de Protecciones.

5.2.- BATERÍA 4, realizado el 25 de julio del 2024. Relevamiento conforme a Resolución 900, medición de impedancia de Lazo. Medición de PAT - Medición de continuidades – Verificación de actuación de Protecciones.

5.3.-OFICINAS GERENCIA, realizado el 01 de octubre del 2024. Relevamiento conforme a Resolución 900, medición de impedancia de Lazo. Medición de PAT - Medición de continuidades – Verificación de actuación de Protecciones.

6. CONCLUSIÓN

A lo largo de este trabajo se ha profundizado en la Resolución 900/15 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (S.R.T.), cuya aplicación en instalaciones del sector de gas y petróleo resulta crucial para la seguridad de los trabajadores. En la región del Alto Valle de Neuquén y Río Negro, donde el rubro de petróleo y gas tiene una fuerte presencia y constituye una de las principales actividades económicas, se cree aún más relevante la implementación de medidas de seguridad eléctrica, dada la gran cantidad de personas que trabajan en este sector y la complejidad de las instalaciones.

La seguridad eléctrica en instalaciones hidrocarburíferas no solo protege a los trabajadores de accidentes que pueden resultar fatales, sino que también asegura la continuidad operativa de los sistemas. La implementación de **sistemas de puesta a tierra** efectivos y la inspección regular de estos se deben convertir en prácticas rutinarias, fomentando así una verdadera **cultura de seguridad**. Promover esta cultura es esencial, ya que la seguridad eléctrica no puede depender únicamente de la tecnología o los dispositivos de protección; debe también ser internalizada como un hábito y un compromiso por parte de todos los actores involucrados en las operaciones.

Es importante destacar que, además de su función principal de proteger a las personas y animales ante contactos indirectos, la aplicación de la Resolución 900/15 en este tipo de instalaciones contribuye a prevenir incendios y/o explosiones, dado que estas instalaciones, por trabajar con hidrocarburos, son altamente inflamables. La correcta puesta a tierra y el control de la continuidad de las masas metálicas ayudan a evitar la acumulación de energía que podría desencadenar eventos catastróficos. Esto no solo protege al personal y las instalaciones, sino que también contribuye a la continuidad operativa de las empresas, reduciendo los costos de reparación asociados a incidentes graves y permitiendo una gestión más eficiente de los riesgos.

Entonces, la correcta aplicación de la Resolución 900/15 no solo cumple con los requerimientos legales y normativos vigentes, sino que también contribuye a una mejor

imagen corporativa y a la continuidad del servicio. Las empresas que priorizan la seguridad, además de proteger a su personal, generan confianza en sus clientes y en la comunidad en general, lo que repercute positivamente en su reputación y competitividad. Asimismo, la prevención de fallas mediante inspecciones periódicas reduce las interrupciones operativas, permitiendo un funcionamiento más eficiente y seguro de las instalaciones.

En definitiva, el cumplimiento de la Resolución 900/15 y la promoción de una cultura de seguridad en el sector del gas y petróleo, particularmente en regiones como el Alto Valle de Neuquén y Río Negro, son fundamentales para proteger vidas, garantizar la continuidad operativa y cumplir con las exigencias normativas. Este enfoque integral en seguridad eléctrica debe ser un pilar en la gestión de riesgos de cualquier empresa del rubro.

Es fundamental destacar que, a lo largo del presente proyecto, se ha demostrado que, aunque el nombre de la resolución es “Protocolo de medición de puesta a tierra y continuidad de las masas”, su verdadero objetivo, que es la desconexión automática de la alimentación ante contactos indirectos, requiere un análisis más amplio y profundo del sistema de puesta a tierra y de la instalación eléctrica en general. La protección ante contactos indirectos varía según el esquema de conexión a tierra utilizado, por lo que es esencial conocer y determinar el esquema aplicado en cada instalación, especialmente al realizar relevamientos en nuevas instalaciones.

Adicionalmente, es necesario evaluar el tipo de protección implementada y asegurar que funcione correctamente. También resulta imprescindible verificar que los conductores de protección y puesta a tierra posean la sección adecuada para transportar de forma segura una corriente de falla. Asimismo, y en consonancia con el nombre de la resolución, se debe comprobar el valor de la resistencia de puesta a tierra (PAT) y garantizar la continuidad de las masas metálicas.

Finalmente, se espera que el lector de este proyecto haya logrado comprender los aspectos esenciales de la resolución, tales como su objetivo, alcance e importancia en términos de seguridad y operación. Además, se busca que quede claro cómo se debe realizar un relevamiento conforme a esta legislación. Para facilitar la comprensión, se anexarán al proyecto informes, elaborados por quien redacta el presente proyecto, durante el año en curso, donde se documentaron relevamientos realizados en instalaciones del sector

hidrocarburífero conforme a lo establecido por la Resolución 900/15. Estos ejemplos prácticos permitirán una mejor comprensión de los conceptos abordados a lo largo del trabajo, favoreciendo su aplicación en el análisis de instalaciones reales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Resolución 900/2015 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo.
- Guía Práctica de interpretación de la RESOLUCIÓN SRT. 900/2015-SRT.
- AEA 90364-7 “Reglas particulares para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles” sección 771 “Viviendas, locas y oficinas (unitarios)”.
- AEA 90364-4 “Protecciones para preservar la seguridad”.
- AEA 90364-7 “Reglas particulares para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles” sección 770 “Viviendas (Unifamiliares hasta 63 A; clasificaciones BA2 y BD1)”.
- AEA 95201 “Reglamentación para líneas eléctricas aéreas exteriores” sección Líneas de baja tensión.
- IEEE Std 80-2000 “IEEE Guide for safety in AC substation grounding”
- Manual de funcionamiento EUROTTEST 61557-Metrel.
- Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales-Nota técnica Viditec.