

“Sistemas Solares para protección catódica por corriente impresa”

Ing Jose Brion; Petromark; jbrion@petromark.com.ar

César Torres; Petromark; ctorres@petromark.com.ar

Sinopsis

Es de público conocimiento que el país se encuentra inmerso en una crisis estructural de energía eléctrica. Esto, sumado a la dificultad y/o costo que tiene extender líneas eléctricas a las zonas donde habitualmente se encuentran los ductos que necesitan protección catódica, sugiere a menudo la necesidad de contar con fuentes de energía alternativa. Existen experiencias en estos temas en el país, contando con casos exitosos y otros no tanto. En este trabajo se realizará una descripción de experiencias en el tema. Además contará con una muestra somera de cálculos y formas de diseño para optimizar funcionamiento. Pros y contra de estas formas de energía alternativa.

Se presenta un trabajo donde se muestran las partes que componen un sistema solar aplicado a la protección catódica de ductos soterrados. Se mostrarán los cálculos para el dimensionamiento de los paneles solares, del banco de baterías, tipo de baterías y del convertidor de tensiones. Se evaluarán las potencias de salida versus la potencia del conjunto paneles solares y baterías - convertidor. Selección del convertidor para no desperdiciar potencia. Consideraciones sobre vandalismo y formas de evitar o dificultarlo.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de energía eléctrica por red en lugares alejados es un problema económico y estratégico a nivel nacional. La matriz energética argentina se concentra un 90% en petróleo y gas natural. Este es un recurso no sustentable, dado que es agotable y requiere inversión permanente. En cuanto al eléctrico, no escapa a la realidad del sector habiendo pasado por varios intentos de repunte no exitosos hasta el momento.

No solo es necesaria la factibilidad positiva sino que el costo de los tendidos eléctricos, sumados a los costos de ocupación de terreno de los superficiarios hacen que sea tentado evaluar el uso de fuentes de energía diferentes.

No se pretende hacer una exposición ni de las ventajas de la energía alternativas o solares, ni abundar en detalles teóricos fácilmente asequibles en una búsqueda sobre la Internet. Se describirán los parámetros adoptados de acuerdo a la necesidad de potencia y para el fin que se propuso.

El objetivo del sistema es la provisión de corriente continua para un sistema de protección catódica para dos ductos de 10" con capacidad de 24V y 10 amperes por 24hs los 365 días del año en lugares donde no se tiene acceso a otro tipo de energía. El sistema contempla un dispensor de corriente impresa con resistencia máxima de 2 Ohm al cabo de unos 20 años.

Estos diseños tienen en cuenta las inclemencias climáticas de la zona patagónica, viento, nieve, grandes gradientes de temperatura. Los paneles se instalan a 6m de altura para desfavorecer el vandalismo o robos.

DESARROLLO

Energías alternativas

De las fuentes posibles y disponibles en zona de la Patagonia se optó por la solar, que requiere menos mantenimiento y no tiene partes móviles.

Casos exitosos

Existen sistemas similares en funcionamiento en la zona de la cuenca neuquina que han demostrado su buen funcionamiento. Se ha mejorado mucho en el campo de la energía eólica, habiendo como ejemplos argentinos el generador de INVAP y el de Ignacio Juárez, que se instaló uno en la casa de fundador de Google Larry Page. Se trata de un desarrollo de turbinas eólicas verticales de baja potencia, de menor tamaño que el panel de energía solar y que pueden girar y producir energía con una brisa suave, como la de un ventilador. Los equipos, pensados para el hogar, salen a la venta con colocación incluida en EE.UU. a US\$4.500, cuatro veces menos que el panel convencional¹.

Casos no exitosos

Se ha visto casos donde por falta de mantenimiento o problemas de diseño, quedan obsoletos algunos sistemas alternativos. Vemos, por ejemplo, generadores eólicos detenidos o instalaciones claramente abandonadas. En general podríamos decir que los generadores eólicos requieren mantenimiento de mayor complejidad y costo que los sistemas solares y otra causa de falla es que el soporte post venta no haya sido el adecuado o nulo. También es común que se exijan por demás las baterías, acortando sensiblemente su vida útil; esta situación lleva a la necesidad de cambio del banco, con su correspondiente y elevado costo, que puede resultar en un abandono del

sistema, ya que nadie quiere hacerse cargo del costo por mala praxis que puede plantearse desde un sector superior al operativo.

Componentes del sistema

El sistema está compuesto por los siguientes componentes, que serán tratados en un apartado cada uno:

- Paneles de generación solar
- Banco de baterías
- Conversor de tensión continua a continua
- Sistema de puesta a tierra
- Dispensador de corriente de protección catódica

Los mismos se muestran en el diagrama unifilar, figura 1.

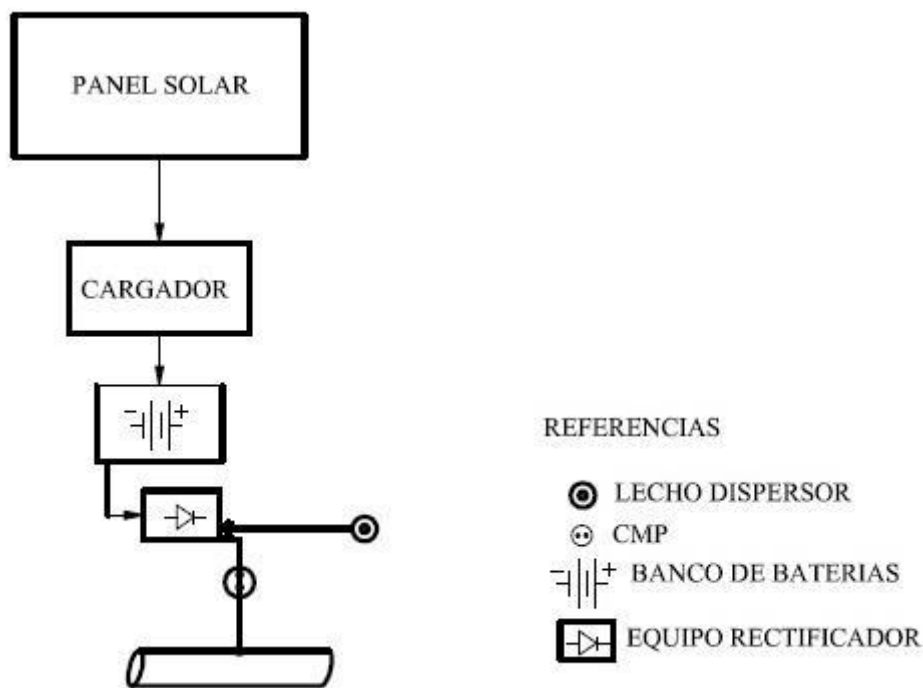


Figura 1. Diagrama unifilar

Bancos de baterías. Cálculos de baterías, tipos de baterías

Una batería es un acumulador eléctrico que se constituye por celdas electroquímicas que acumulan energía química, la misma luego es convertida en energía eléctrica.

Existen dos tipos de celdas, las primarias y las secundarias. Las celdas primarias son aquellas “No Reversibles”, es decir, que la parte donde se produce la reacción química no puede ser renovada para prolongar su uso, como es el caso de las pilas. Las celdas secundarias son “Reversibles”, es decir que sus reacciones químicas pueden generarse nuevamente para extender su uso. Las mismas son conocidas como celdas estacionarias, cuya recarga se produce mediante la circulación de una corriente eléctrica en sentido opuesto al flujo de corriente de descarga.

Una celda es la parte fundamental de una batería, está se compone de un electrodo positivo y otro negativo, sumergidos en un electrolito conductor dentro de un vaso. Una batería se forma conectado dos o más celdas eléctricamente. La tensión de las celdas depende de los materiales con que se fabriquen, así mismo la tensión de la batería depende de la conexión de las celdas.

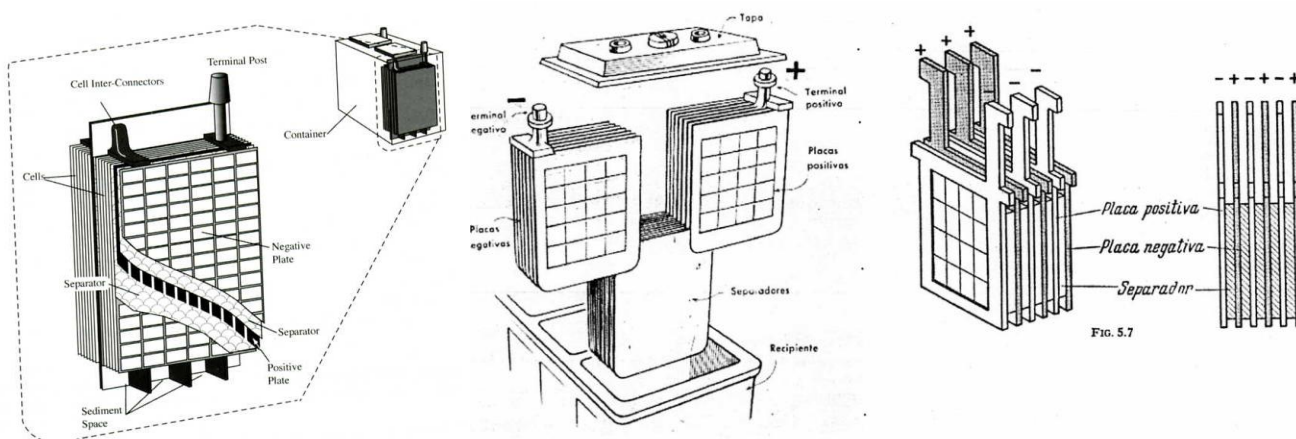


Figura 2. Vista interna de una batería

Las baterías se pueden conectarse de diferentes maneras en función de la necesidad en conjunto con un cargador-rectificador. Las tres configuraciones que pueden realizarse son paralelo, no mantenido y mantenido.

La configuración paralela es aquella en el que las baterías, el rectificador-cargador y la carga se conectan en paralelo. Durante la operación normal (operación flotante) el cargador alimenta la carga y suministra alguna corriente a la batería. En caso de una falla el suministro del cargador se desconecta y deja de operar en modo flotante y la carga pasa a ser alimentada directamente por la batería. Una vez despejada la falla, el rectificador-cargador comienzan automáticamente a alimentar a la carga y al mismo tiempo a cargar la batería.

La configuración no mantenida, es aquella que durante el funcionamiento normal un contactor se encuentra energizado, con lo que el cargador y las baterías están desconectadas de la carga. Este tipo de conexión se utiliza solo cuando hay ausencia de energía del sistema principal, de esta manera el cargador mantiene a las baterías en carga completa y cuando falla el sistema el contactor se desenergiza y las baterías son conectadas a la carga.

Por último la configuración mantenida es similar a la anterior salvo que las cargas en funcionamiento normal se encuentran alimentadas por un transformador y un contactor conmutable.

Tipos de baterías estacionarias

En aplicaciones de la industria petrolera se implementan dos tipos de baterías, entre ellas se encuentran las de Plomo-Acido y las de Níquel-Cadmio.

El siguiente cuadro muestra las principales diferencias entre baterías mencionadas anteriormente:

Baterías Plomo-Acido	Baterías Níquel-Cadmio
Tensión nominal por celda 2V	Tensión nominal por celda 1.2V
Vida útil menor, entre 12 y 15 años	Mayor vida útil, producto de los materiales empleados aumenta la vida entre 20 y 25 años, en aplicaciones estacionarias.
Bajo costo en Amper-Hora	Alto costo de Ampere-hora (entre 1,2 a3 veces mayor que

“Sistemas Solares para catódica por corriente impresa” Ing Jose Brion; Petromark; jbrion@petromark.com.ar

César Torres; Petromark; ctortes@petromark.com.ar. 3º Congreso de Integridad en Instalaciones en el Upstream y Downstream de Petróleo y Gas IAPG 2017

Pág. 4 de 16

	las de Plomo-acido)
Rendimiento bajo a altas temperaturas o cuando se somete a frecuentes ciclos de descarga profunda	Alto rendimiento a bajas o altas temperaturas y cuando se somete a frecuentes ciclos de descarga profunda.
Puede averiarse de forma intempestiva dejando de suministrar energía	El material interno resistente a la corrosión, por lo que se descarta la posibilidad de rotura interna y dejando de suministrar energía de manera intempestiva
Se puede dañar a ser sometida a cortocircuitos francos o inversión de polaridad.	La construcción y diseño de estas permite que sean sobrecargados, cortocircuitos y cambios de polaridad.
Debido a su construcción interna son sensibles a los movimientos y a los esfuerzos electromecánicos.	La construcción interna le permite resistir esfuerzos electromecánicos, golpes, caídas y manipulaciones en transporte.
No pueden descargarse por completo	Pueden y deben descargarse completamente
Son reciclables	Difíciles de Reciclar
Emanan Hidrogeno a la Atmosfera en carga y necesitan ventilación	El electrolito es básico y muy contaminante
Buena regulación	Baja regulación
Duración relativamente larga de la carga	Duración relativamente baja de la carga

Tabla 1. Comparación Baterías

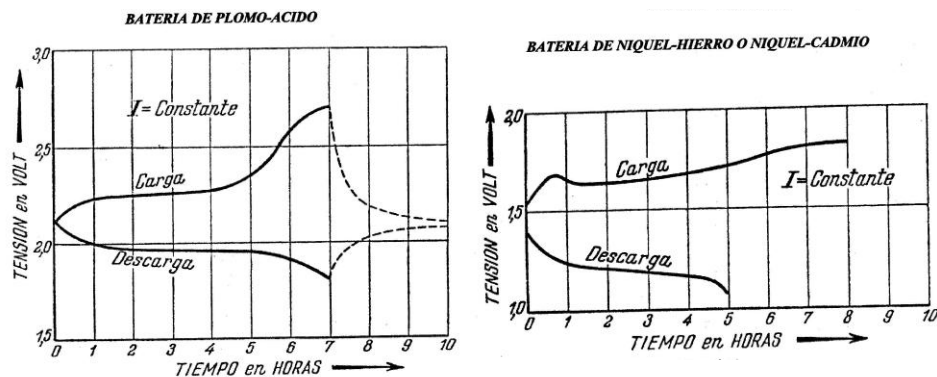


Figura 3. Comparación de curvas de carga y descarga

Dimensionamiento de baterías

El método empleado para el dimensionamiento de las baterías estacionarias es el desarrollado por el estándar IEEE 485, la misma es empleada tanto para baterías de Plomo-Acido como para Níquel-Cadmio, en lo único que varían son en el factor de corrección por temperatura.

Los factores que determinan el tamaño de la batería son: Tensión máxima del sistema, Tensión mínima del sistema y el ciclo de trabajo. La batería se compone de celdas idénticas conectadas en serie, siendo la tensión de la batería función de la cantidad de celdas presentes en la misma. La capacidad de la batería es la misma que la capacidad de una celda.

Tensión máxima del sistema como factor limitante

Cuando la tensión de la batería no permite exceder la tensión máxima del sistema, el número de celdas estará limitado por la tensión de cada celda requerida para una carga satisfactoria, es decir:

$$\text{número de celdas} = \frac{\text{Tensión máxima del sistema}}{\text{Tensión de carga de la celda}}$$

Tensión mínima del sistema como factor limitante

El voltaje mínimo de la batería se utiliza para calcular la tensión mínima permisible de las celdas:

$$\text{número de celdas} = \frac{\text{tensión mínima del sistema}}{\text{tensión final de descarga de la celda}}$$

Factor de corrección por temperatura para baterías de Plomo-Acido

La capacidad disponible de una celda se ve afectada por la temperatura de operación. En la Tabla 3 se observan los factores de corrección según la temperatura del electrolito. En cambio la para las baterías de níquel-cadmio se utilizan factores de desviación por temperatura para cada periodo de descarga, en la Tabla 2 se muestran dichos factores.

Temperatura del electrolito		Factor de corrección
(°F)	(°C)	
25	-3.9	1.520
30	-1.1	1.430
35	1.7	1.350
40	4.4	1.300
45	7.2	1.250
50	10	1.190
55	12.8	1.150
60	15.6	1.110
65	18.3	1.080
66	18.9	1.072
67	19.4	1.064
68	20.0	1.056
69	20.6	1.048
70	21.1	1.040
71	21.7	1.034
72	22.2	1.029
73	22.8	1.023
74	23.4	1.017
75	23.9	1.011
76	24.5	1.006
77	25.0	1.000
78	25.6	0.994
79	26.1	0.987
80	26.7	0.980
81	27.2	0.976
82	27.8	0.972
83	28.3	0.968
84	28.9	0.964
85	29.4	0.960
86	30.0	0.956
87	30.6	0.952
88	31.1	0.948

Temperatura Inicial		Rango de Factores
(°C)	(°F)	
-12.2	10	1.1 – 1.6
-6.7	20	1.1 – 1.5
-1.1	30	1.1 -1.3
4.4	40	1.0 – 1.1
10.0	50	1.0 – 1.1
15.6	60	1.0 – 1.1
21.1	70	1.0 – 1.1
25-45	77-113	1.0

Tabla 2. Factor de corrección por temperatura para celdas Níquel-Cadmio

89	31.6	0.944
90	32.2	0.940
95	35.0	0.930
100	37.8	0.910
105	40.6	0.890
110	43.3	0.880
115	46.1	0.870
120	48.9	0.860
125	51.7	0.850

Tabla 3. Factores de corrección para celdas de Plomo-Acido

En el diseño del banco de baterías es necesario considerar un margen en la capacidad y de esta forma se consideran adiciones no previstas para el sistema. Uno método es prever un margen de un 10-15% al tamaño de la celda calculada.

Factor de envejecimiento

El rendimiento de una batería de plomo-acido es estable durante la vida útil de la misma, pero disminuye con rapidez en las últimas etapas. Según la IEEE Std. 450 recomienda que la batería se sustituya cuando el rendimiento real caiga hasta el 80% del rendimiento nominal. Es por ello para asegurar que la batería es capaz de satisfacer sus cargas a lo largo de la vida útil, la capacidad nominal de la misma debe ser por lo menos del 125% de la carga esperada al final de la vida útil (factor de envejecimiento 1,25).

Calculo según IEEE-485

Para ello utilizaremos el método descripto por la IEEE y la planilla en Anexo II.

Se concluye la necesidad de 13 celdas de baterías modelo PowerSafe 8 OPzS 800 con 1.850 ciclos de carga/descarga.

Cálculos de dimensionamiento de paneles

La selección de los paneles se basó en una ecuación costo – beneficio, dando como resultado un panel de silicio policristalino de 240Wp. Para el dimensionamiento de los paneles se tuvo en cuenta su tensión de salida, dado que son necesarios 24V en la carga y corriente de generación, además de la eficiencia y tamaño. Se buscó disminuir el área ocupada por los paneles, ya que estarán en altura generando esfuerzos producidos por el viento y requerirán mayor estructura soporte a mayor área de paneles.

Estos paneles, además ofrecen algunas características interesantes como:

- Regulados bajo norma de seguridad IEC61730, con protección por fuertes vientos, granizo, nieve y fuego
- Diodos integrados para proteger las celdas solares
- El marco de aluminio anodizado mejora la resistencia contra fuertes vientos
- Completamente a prueba de deformaciones y congelamiento de agua
- Gran rendimiento energético dado a su alta transparencia, bajo contenido de hierro, vidrio templado y revestimiento antirreflejo.

Datos de los paneles

Característica	Valor
Potencia máxima (Pmax)	240W

Voltaje nominal (Vmp)	30.72V
Corriente (Lmp)	7.81A
Tensión en circuito abierto (Voc)	36.6V
Corriente en cortocircuito (Isc)	8.36A
Tensión máxima	1000V (IEC) / 600V (UL)
Serie máxima del fusible	10Amp
Dimensiones	1640x990x40mm
Peso	18.6
Potencia por m2	147.8 W/m2
Generación a 20 años	80%

Tiempo de Recarga se toma de 6hs.

Convertidor de tensiones

Este equipo se diseñó para satisfacer los requerimientos de tensión y corriente de salida. Con la capacidad de carga de las baterías, los días de no carga por ausencia de radiación solar y la cantidad y potencia de los paneles solares.

La selección del convertidor de corriente se realizó en base a la premisa del ahorro energético buscando la eficiencia. Es por ello que no se coloca un rectificador, ya que debería intercalarse un inversor de tensión.

Dado que los paneles entregan 36.6V máximo, es factible poder regular tensión y corriente de salida a los parámetros de diseño de 24V-10Amp.

La conexión de los paneles se realiza directamente al convertidor CC, donde se encuentran alojadas las protecciones y el regulador de carga de baterías. Ver esquemático de conexiones.

Se solicitó, por parte del Comitente, que existan dos equipos que permitan drenar 20 amperes, para a futuro, incorporar una segunda torre de paneles solares y así permitir otorgar mayor corriente catódica a las cañerías en estos puntos. De esta manera, el costo adicional sería solo la provisión e instalación de estos elementos, ya que el resto de la instalación se encontraría en funcionamiento. No se instalan ni calculan los paneles ni celdas de baterías adicionales para esta potencia.

Consideraciones de vandalismo

Las zonas descampadas y alejadas, con tranqueras de acceso suelen ser dificultosas para el paso de gente y la tentación o probabilidad de producir daños o robos. Los paneles solares suelen ser frecuentemente víctimas de estos actos y es por ello que nos centramos en su protección. Se vieron modelos similares de otras instalaciones y se decidió colocarlos en altura, en una torre de 6m que no permita fácil acceso.

La torre fue diseñada por un ingeniero civil teniendo en cuenta los cálculos de esfuerzos a los que podría estar sometido y teniendo en cuenta la peor de las situaciones de acuerdo a la geografía y climatología del lugar. Se diseñó una torre que satisfaga los requisitos de máxima y se replicó en los demás lugares. De este componente podemos ver el diseño en el anexo, donde se aprecia que es una estructura reticulada compuesta por cañería estructural de perfiles redondos y una plataforma para sujeción de los paneles con perfiles T.

También se previó un cerramiento mediante paredones premoldeados de 2.5m de altura con alambres de púas y un portón de acceso apto para camiones. Este último punto se pensó para el acceso de un vehículo con guindola para efectuar mantenimiento en altura.

Puesta a tierra

Se diseña e instala un sistema de puesta a tierra para resolver las descargas atmosféricas que puedan ocurrir en la torre porta paneles, dado que pasa a ser el elemento conductor más alto en su zona.

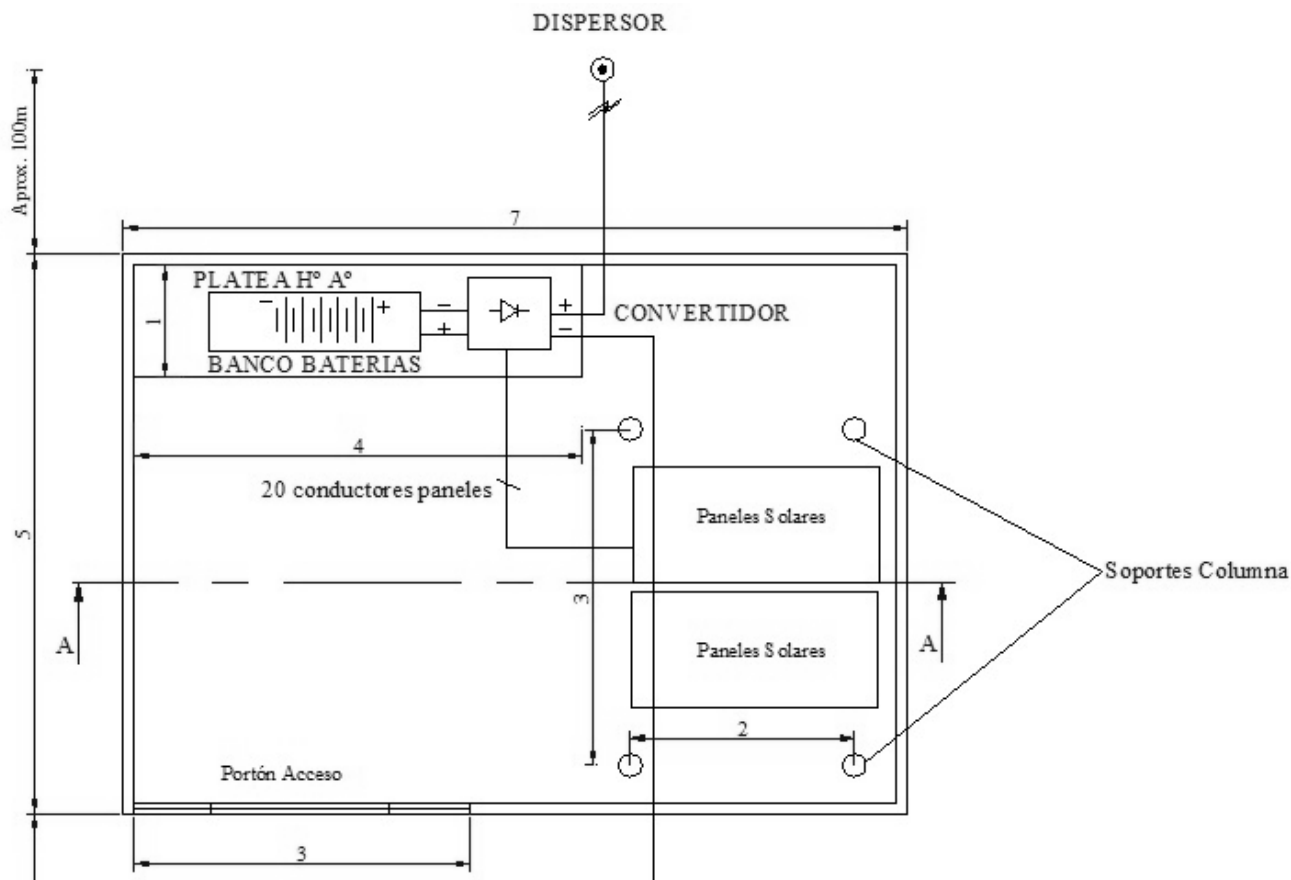
El sistema PAT consta de un pararrayos de puntas Frankin, la bajada de conductor aislado de la estructura para no permitir que quede energizado en el momento de un evento y la malla de tierra para disminuir la tensión de paso y permitir una rápida descarga y equipotenciación de los componentes dentro del recinto. Ver diagrama de PAT.

Diseño del dispersor de corriente

Para el proyecto se solicitó un dispersor profundo con capacidad de 30 Amperes. Este requisito es muy superior a lo necesario para el proyecto actual. Además como requisitos se tenían los siguientes parámetros:

Componente	Cantidad	Tipo
Tipo Ánodos	6	Mixed Metal Oxide
Cable de ánodos	Necesaria	Halar o Kynar
Longitud ánodos	1.5m	
Diámetro ánodos	1"	
Corriente máxima por ánodo	5 amperes	
Profundidad encamisado	20m	
Profundidad del dispersor	81m	
Diámetro zona activa	8 ½"	
Diámetro encamisado	10"	Cañería de PVC K6 o superior

Instalación



CONCLUSIONES

A la fecha de la presente no se cuenta con instalaciones en marcha ni montajes completos. Se estima para la presentación en el congreso tener los resultados.

El dimensionamiento, la disposición y los componentes hacen un sistema de características óptimas para ser instalados en campo abierto alejado de ciudades y líneas de transmisión de energía.

Tanto la vida útil del dispersor de corriente como los paneles solares rondan los 20 años.

BIBLIOGRAFÍA

1. https://www.clarin.com/ieco/economia/silicon-valley-queda-lejos-innovadores-argentinos_0_SyKK4NH6e.html
2. NACE SP 0169-2007 Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems

3. NACE TM 0497-2002 Measurement Techniques Related to Criteria for Cathodic Protection on Underground or Submerged pipelines
4. NACE CP4 course Specialist on Cathodic protection
5. REGLAMENTO CIRSOC 101 (2005). Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras.
6. REGLAMENTO CIRSOC 102 (2005). Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones.
7. REGLAMENTO CIRSOC 103 (1982). Acción del Sismo sobre las Construcciones.
8. REGLAMENTO CIRSOC 104 (2005). Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones.
9. REGLAMENTO CIRSOC 201 (2005). Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.
10. REGLAMENTO CIRSOC 301 (2005). Reglamento Argentino de Acero para Edificios.

BREVE CV DE LOS AUTORES

Brion Juan José

- Coating Inspector NACE I certificado desde 2013.
- Cathodic Protection Technician NACE II certificado desde 2006.
- Especialista en Ensayos No Destructivos técnicas IV, PM, LP, PH, EA, Vibraciones, EDDY, 2008.
- Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Comahue, año 2003.

Ficha técnica equipo rectificador

- Bajo ripple, 5% del voltaje de salida. Regulación switching digital.
 - Comunicación Satélite/GPRS/radio MODEM/SNMP/Ethernet/RS485 (modbus).
 - Modo regulación: ON, OFF, Voltaje o corriente constante.
 - Modo test: ON-OFF sincronizado por GPS/Potencial Natural / Despolarización.
 - Modo adaptativo: Auto parametrización de Sets Point (criterios NACE SP0169-2007).
 - Modo prueba: protección blackout detecta errores en la polaridad de conexiones.
 - Monitoreo de distribución de corriente anódica.
 - Medición de energía de entrada (V/I/P/KWh).
 - Protección contra descargas atmosféricas.
 - Medición de potenciales remotos a través de periféricos MSR.
 - Almacenamiento de eventos históricos.
 - Avanzado de sistema antivandalismo.
 - Web / software para gestión remota “globalis”.
 - Envíos automáticos de email y SMS.
 - Avanzado sistema autodiagnóstico.
 - Múltiples alarmas (fuera set point, falla alimentación, corriente anódica alta/baja, temperatura, corriente/tensión alta/baja de salida, puerta abierta, batería baja).
 - Para este proyecto se utilizaron dos capacidades de equipos:
 - 10 Amperes y 10V con una salida.
 - 20 Amperes y 20V con una salida.
- 



Anexos I – Registros fotográficos

Ubicación geográfica del lugar



Perforación y armado del dispersor de corriente



Zanjeo para instalación de la fundación para la torre porta paneles



Conducción de cables entrada-salida al CC



Gabinete porta baterías



Rectificador y banco de baterías



Fundación de hormigón prefabricada

Hormigón elaborado H25 de 1.45x1.45x1.8m



Anexo II – Metodo IEEE 485

Project: Example using K_f Capacity Factor					Date:	Page: 1
Lowest Expected Electrolyte Temp:		Minimum Cell Voltage:		Cell Mfg:	Cell Type:	Sized By:
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Load	Change in Load	Duration of Period	Time to End of Section	Capacity at T Min Rate (6A) Amps/Pos (R_p) or (6B) K Factor (K_f)	Required Section Size (3)+(6A)=Positive Plates or (3)x(6B) = Rated Amp Hrs
Period	(amperes)	(amperes)	(minutes)	(minutes)	(6B) K Factor (K_f)	Pos Values Neg Values
Section 1 - First Period Only - If A2 is greater than A1, go to Section 2.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1=		
Sec 1 Total						
Section 2 - First Two Periods Only - If A3 is greater than A2, go to Section 3.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+M2=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2=		
Sec Sub Tot						
2 Total						
Section 3 - First Three Periods Only - If A4 is greater than A3, go to Section 4.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+M2+M3=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2+M3=		
3	A3=	A3-A2=	M3=	T=M3=		
Sec Sub Tot						
3 Total						
Section 4 - First Four Periods Only - If A5 is greater than A4, go to Section 5.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+...M4=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2+M3+M4=		
3	A3=	A3-A2=	M3=	T=M3+M4=		
4	A4=	A4-A3=	M4=	T=M4=		
Sec Sub Tot						
4 Total						
Section 5 - First Five Periods Only - If A6 is greater than A5, go to Section 6.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+...M5=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2+...M5=		
3	A3=	A3-A2=	M3=	T=M3+M4+M5=		
4	A4=	A4-A3=	M4=	T=M4+M5=		
5	A5=	A5-A4=	M5=	T=M5=		
Sec Sub Tot						
5 Total						
Section 6 - First Six Periods Only - If A7 is greater than A6, go to Section 7.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+...M6=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2+...M6=		
3	A3=	A3-A2=	M3=	T=M3+...M6=		
4	A4=	A4-A3=	M4=	T=M4+M5+M6=		
5	A5=	A5-A4=	M5=	T=M5+M6=		
6	A6=	A6-A5=	M6=	T=M6=		
Sec Sub Tot						
6 Total						
Section 7 - First Seven Periods Only - If A8 is greater than A7, go to Section 8.						
1	A1=	A1-0=	M1=	T=M1+...M7=		
2	A2=	A2-A1=	M2=	T=M2+...M7=		
3	A3=	A3-A2=	M3=	T=M3+...M7=		
4	A4=	A4-A3=	M4=	T=M4+...M7=		
5	A5=	A5-A4=	M5=	T=M5+M6+M7=		
6	A6=	A6-A5=	M6=	T=M6+M7=		
7	A7=	A7-A6=	M7=	T=M7=		
Sec Sub Tot						
7 Total						
Random Equipment Load Only (if needed)						
R	AR=	AR-0=	MR=	T=MR=		
Maximum Section Size (8) _____ * Random Section Size (9) _____ = Uncorrected Size = (US) (10) _____.						
US (11) _____ x Temp Corr (12) _____ x Design Marg (13) _____ x Aging Factor (14) _____ = (15) _____.						
When the cell size (15) is greater than a standard cell size, the next larger cell is required.						
(A) - Positive Plates.						
Required cell size (16) _____						
(B) - Ampere Hours. Therefore cell (17) _____ is required.						