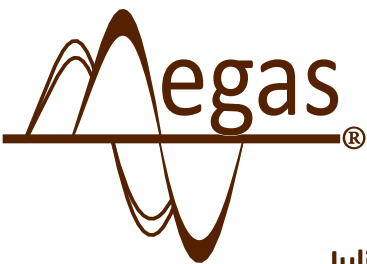


No. 1



Julio-Agosto, 2016

Tendencias en el mercado
de vehículos híbridos

Eventos responsables de las
alzas y caídas del petróleo

The background is a vertical split image. The left side shows a close-up, low-angle view of a high-voltage electrical substation with metal towers and insulators against a clear blue sky. The right side shows a satellite view of a city at night, with lights from buildings and streets glowing against the dark landscape.

EL CONCEPTO DE *SMART GRID*

¿Conoce usted los criterios de
selección de pararrayos?



50 AÑOS OFRECIENDO LO MEJOR EN

- *MOTORES ELECTRICOS*
- *SISTEMAS DE BOMBEO*
- *GRÚAS PUENTE Y POLIPASTOS*
- *ARRANCADORES*
- *MOTORREDUCTORES ELECTRICOS*
- *VARIADORES DE FRECUENCIA*
- *BREAKERS*
- *TRANSFORMADORES SECOS*



Av. Charles Summer No. 51, Los Prados. Tel. 809 563 5525

www.sd.com.do

Solicite una cotización haciendo click en ventas@sd.com.do

Contenido

4 **Comentario del Editor** Bienvenidos a Megas

6 **Los Vehículos Híbridos y su Rol en el Futuro de la Tracción** Vea como el desarrollo de la tecnología híbrida ha adquirido mayor preponderancia

10 **El Concepto de *Smart grid*** Le mostramos como las redes de energía inteligentes son una realidad viable e inminentemente necesaria

13 **Consideraciones en la Selección y Uso de Pararrayos** Aprenda acerca de los parametros de Selección

17 **El Impredecible Ciclo Económico del Petróleo** Abordamos los factores que historicamente han incidido en las oscilaciones del crudo

20 **El Legendario SR-71 Blackbird** Conozca algunas de las características técnicas de uno de los aviones mas celebres de la historia

22 **De hoy y de ayer: La Máquina de Rube Goldberg**



Editor: Victor Manuel Adón
Asist. Administrativa: Danilda Gonzalez
Tel.: 829 456 5164
Correo: revista-megas@outlook.com
Web: www.megas.com.do
Producido por: Megas Engineering & Press

Comentario

Bienvenidos a Megás

Producto de la idea de crear una publicación especializada en temas ligados al sector energético dominicano ha surgido la revista Megás. La intención es poner a disposición conocimientos útiles y prácticos a todo aquel interesado en las fascinantes particularidades de la ingeniería eléctrica y, con ello, el saber en sentido general. Producir literatura técnica es una tarea en verdad demandante. No obstante, el reto ha sido todo un deleite que encuentra plena satisfacción en aportar al fomento de la lectura, el estudio y la difusión de los avances tecnológicos de nuestro país. Asimismo, la publicación ha sido concebida con el interés social de abrir un espacio para la discusión y planteamiento de ideas. La principal materia prima de esta iniciativa ha de ser sus propios lectores y por ello les exhortamos a participar abiertamente e interactuar con la revista a través de los enlaces habilitados, la página web, y sus redes sociales.

El formato digital de este medio está dotado de elementos interactivos con la finalidad poder brindar una experiencia más completa y ofrecer mayores recursos de apoyo a las informaciones difundidas. Esperamos poder llenar las expectativas de nuestros estimados usuarios y hacernos dignos de su habitual consulta.



Victor Manuel Adón
Editor

Síguenos en



Subscribase en línea



UNAPEC
UNIVERSIDAD APEC

**CONTRIBUYENDO AL DESARROLLO DEL
SECTOR ELÉCTRICO DOMINICANO**

PRESENTA



LLAMADO DE ADMISIÓN

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ELÉCTRICA MENCIÓN POTENCIA**



UNAPEC
VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Santo Domingo • 809.686.0021 • exts. 2310, 2311, 2330 y 2340
vicerrectoriadeposgrado@unapec.edu.do • posgrado.unapec.edu.do

Los vehículos híbridos y su rol en el Futuro de la Tracción

La industria automotriz registra avances lentos pero significativos en el desarrollo e implementación de las llamadas tecnologías proambientales

El mundo, como lo conocemos hoy, dista mucho de aquellas visiones futuristas que la ciencia ficción predijo a mediados del siglo pasado. Para nuestros días se daba como un hecho que la humanidad tendría dominio sobre ciertas tecnologías como, por ejemplo, la conquista del espacio, la manipulación genética y otras fantásticas realidades. Cierto es que se han registrado avances sorprendentes en muchas áreas, pero la contemporaneidad no es lo que parecía prometer entonces.

A veces, parece haber tan poco de nuevo en ciertas “tecnologías elementales”, que nos obligan a preguntarnos si es que el avance científico no ha podido progresar en ellas o si simplemente los intereses políticos, comerciales y económicos que rigen el mundo refrenan la masificación de nuevas técnicas. Se tiene la percepción (vale decir que errónea) de que nada transcendental se inventa ya, o de que hemos llegado a un punto de saturación de nuestro entendimiento y con ello de nuestra capacidad de crear.

Unos de los retos más significativos que enfrenta la humanidad en nuestros días es el agotamiento de los combustibles fósiles y las secuelas ambientales de los gases de efecto invernadero. Las mejoras en eficiencia eléctrica han calado en muchos de los grandes focos de consumo. Sin embargo, el sector automovilístico, que se alimenta de la mayor parte del petróleo que se produce en el mundo, registra un proceso lento (y luce hasta reacio) en materia de adopción de nuevas fuentes de energía.

Sorprende que el motor de combustión sea todavía el campeón indiscutible de la tracción. Por lo visto, seguirá reteniendo el título mientras haya petróleo que quemar. Y es que, en la cultura capitalista, resulta difícil imaginar que el llamado oro negro deje de ser explotado por meras razones ambientales.

En los últimos años cada vez más fabricantes han integrado vehículos híbridos y eléctricos a su oferta.

Sin embargo, diversos factores han incidido para que la proporción de vehículos eléctricos no esté acorde al estado del arte de la tecnología, la cual en las últimas décadas ha registrado avances significativos y en estos momentos se encuentra más cerca, técnicamente hablando, de ser explotada. Es justo señalar que la falta de adopción de los vehículos eléctricos como sustitutos de automóviles convencionales de combustión es un problema de orden mundial que no ha encontrado solución y que no se trata meramente de un retraso de los países menos industrializados.

el gran reto

Los problemas técnicos y comerciales relacionados al desarrollo de una infraestructura capaz de suplir la demanda de energía de forma eficiente y los costos de manufactura han mermado la masificación de los vehículos eléctricos y, al menos en el futuro inmediato parece que su accesibilidad será limitada.

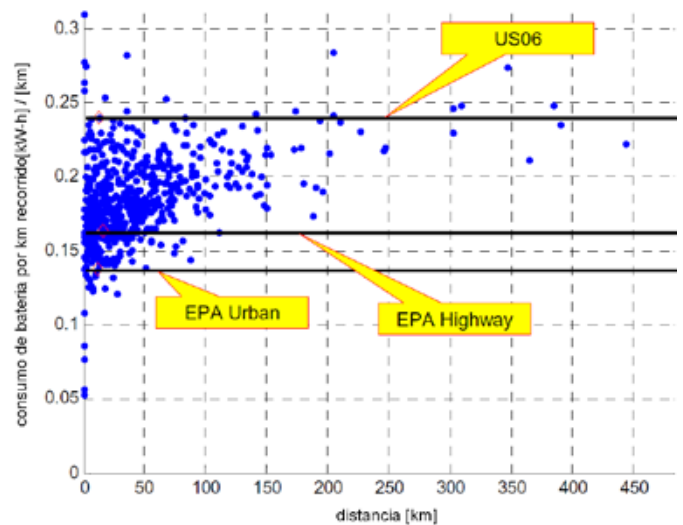


Imaginar un mundo en donde los medios de transporte sean provistos, al menos en su mayoría por energía eléctrica supone la preparación de toda una infraestructura eléctrica para el suministro. Se debe considerar el desarrollo de una mayor red de distribución y los elementos que permitan el dispendio eléctrico a través de esta. A su vez, serán necesarios nuevos recursos de generación, los cuales de estar basados en combustibles fósiles, lejos de representar algún ahorro, podrían significar un aumento significativo en los perjuicios ambientales.

Si en República Dominicana, por ejemplo, asumimos un parque vehicular de 500,000 unidades con una potencia promedio de 50kW por automóvil obtendremos una potencia total instalada de 25,000 MW que es más de 10 veces la potencia instantánea que se suministra en el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado. Claro está que la no aplicación de factores de carga hace que esta cifra resulte bastante abultada, pues la condición de que todos los vehículos estén encendidos todo el día, a plena potencia es, en terminos prácticos, imposible. Sin embargo, el número ayuda a 1) entender la enorme ineficiencia que suponen los motores de combustión y 2) dimensionar la escala que en materia de generación sería necesario proveer para este sector.

Desde hace ya algunos años los vehículos híbridos están disponible en el mercado, con precios asequibles y hasta competitivos con modelos convencionales. Esencialmente un vehículo híbrido es aquel que dispone de un motor de combustión para la tracción de alta demanda de energía y un motor eléctrico más pequeño para operar en condiciones en donde el primero no sea tan eficiente (por ejemplo, la conducción a baja velocidad en horas pico). La energía del motor eléctrico es provista por el motor de combustión y almacenada en una batería. También existen lo que son vehículos híbridos conectables (PHEV, por sus siglas en ingles), los cuales están provisto de un sistema de carga que les permite a los usuarios tener la opción cargar la batería directamente desde un tomacorriente. En su desarrollo actual los vehículos híbridos pueden reducir el consumo de combustible entre 25-30%. No obstante, la eficiencia de un vehículo híbrido en el ciclo de uso depende mucho de los hábitos de conducción y la velocidad de recorrido, dado que el motor eléctrico, por lo general, tiene solo una fracción de la potencia del motor de combustión.

En lo que se conoce como esquemas de conducción para vehículos eléctricos encontramos que el US06 es uno de los mas agresivos y establece un rendimiento de cercano a los 249 W-h/km. Otros estándares como el EPA Urban y el EPA Highway (refiriéndose estos a la conducción en áreas urbanas y en autopistas, respectivamente) tienen valores más modestos como ilustra la siguiente grafica, la cual muestra los patrones de rendimiento de 621 conductores diferentes.



Fuente: Tate, E. D., Harpster, M. O., & Savagian, P. J. (2008). The Electrification of the Automobile: From Conventional Hybrid, to Plug-in Hybrids, to Extended-Range Electric Vehicles. Detroit: General Motors Corporation

Quizás, sorprenda al lector el hecho de que a principios del siglo pasado la mayoría de los vehículos eran eléctricos. Para entonces, estos operaban con ciertas limitaciones en su alcance de recorrido debido al pobre desempeño de las baterías y los largos tiempos de recarga. Fue así como para los años 20's el motor de combustión ofreció mayor confiabilidad e hizo a un lado la tracción eléctrica. Actualmente la batería de Nickel e Hidruro Metálico (NiMH) es la más utilizadas en el transporte terrestre aunque las celdas de ión de Litio (Li-ion) están siendo adoptadas con bastante rapidez.

Los vehículos eléctricos de rango extendido, corresponde a automóviles diseñados de forma tal que su conjunto batería-motor puede proveer la potencia y energía necesaria durante el kilometraje suficiente para satisfacer los requerimientos que cubren los motores de combustión. Lograr este cometido implica un mayor dimensionamiento del motor eléctrico y

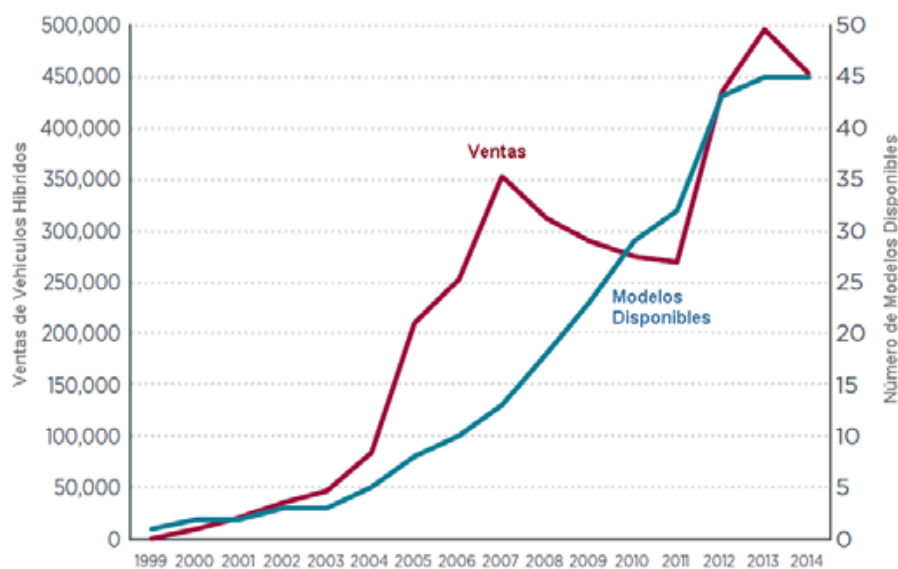
su batería. Vale decir que, este tipo de vehículos tienden a incluir también un motor de combustión para generar energía en casos de emergencia. Lo anterior es comprensible, dado que una de las pesadillas de todo conductor es quedarse varado a mitad de la carretera por falta de combustible. Además, en estas situaciones, es más fácil y práctico adquirir combustible líquido que energía eléctrica almacenada. Actualmente, en promedio las ventas de los vehículos eléctricos e híbridos suponen menos de un 1% a nivel mundial. Las proyecciones sugieren que la adopción a gran escala de los vehículos eléctricos ha de ser lenta pero sostenida a medida que los costos de adquisición sean menores y se produzcan incentivos fiscales, de manera similar a lo que actualmente se observa con las energías renovables.

Dadas las dificultades técnicas y comerciales que presenta su implementación a los vehículos eléctricos aún les queda un largo camino por recorrer hasta lo que sería su uso a mayor escala. El vehículo híbrido parece estar más cerca y sería un eslabón de transición para el uso masivo de los motores eléctricos para fines de tracción. A diferencia de estos, que se caracterizan por la simplicidad de su sistema, los vehículos híbridos exhiben una complejidad que resulta, desde cierta óptica, interesante. Al tener que integrar dos

fuentes motrices de distinta naturaleza, requieren componentes mecánicos muy demandantes y controles especiales.

El primer vehículo híbrido moderno fue el Toyota Prius, introducido en Japón en 1997. A partir de entonces diversos fabricantes han desarrollado diferentes modelos. Actualmente en Estados Unidos, que es el mayor comprador de vehículos híbridos del mundo, existen más de 40 modelos de diferentes marcas disponibles para la venta.

Dentro del mercado estadounidense Toyota es el líder indiscutible con una participación del 66% (2014) del mercado de los vehículos híbridos. El sistema híbrido que Toyota usa en el Prius se caracteriza por la incorporación de un motor de combustión de 1.5L a gasolina y dos motores eléctricos sincrónicos de imanes permanentes de 50 y 10kW (los cuales funcionan de igual modo como generadores en diferentes puntos de operación del sistema). Todos acoplados a una transmisión de engranajes planetarios, en lo que se conoce como “input power-split”. El vehículo, también incluye una unidad de control, que se encarga de conmutar y suministrar la energía eléctrica a los motores. La tecnología utilizada en este sistema resulta verdaderamente admirable. Sobre todo, llama la atención la forma en que éstos 3 motores operan en conjunto.



Fuente: U.S. Department of Energy, Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center (www.afdc.energy.gov/data/#tab/fuelsinfrastructure/data_set/1030).

A pesar de los tangibles ahorros en combustibles que la tecnología híbrida ofrece, esta enfrenta resistencia a su uso por parte de los consumidores. República Dominicana no es la excepción a este comportamiento que encuentra sus principales razones en

- El desconocimiento de la tecnología en sí misma.
- Falta de incentivos fiscales para la adquisición.
- El hecho de que un sistema de tal complejidad está sujeto a fallas igualmente complejas, que requieren servicio de personal calificado y por ende costoso.
- La relativa escasez de partes de repuestos.
- La disponibilidad de combustibles relativamente económicos como el GLP y el gas natural.

No obstante los argumentos expuestos, ha de ser un hecho que tarde o temprano los avances tecnológicos permitirán la innovación automovilística y energética. La forma de transportarnos quizás no sufra muchos cambios pero la tendencia global de integrar sistemas de información a los dispositivos de nuestro entorno esta desde tiempo presente en la fabricación de vehículos. Cada vez los automoviles poseen más sensores y controles electrónicos. En la medida en que esta práctica aumente con el paso de los años se estará en mejor disposición para la utilización de nuevas opciones de transporte. La tecnología híbrida parece, al corto y mediano plazo, la más técnicamente viable. Aunque al final sea solo un elemento de transición hacia el uso de la electricidad como principal fuente motriz de los automóviles.

Referencias Bibliograficas

- Tate, E. D. 1; Harpster, Michael O.; Savagian Peter J. / *The Electrification of the Automobile: From Conventional Hybrid, to Plug-in Hybrids, to Extended-Range Electric Vehicles* / General Motors Corporation / Detroit / 2008.
- German, John / *Hybrid Vehicles: Technology Development and Cost Reduction* / ICCT / Washington / 2015.
- Hofman, Theo; Van Druten, Roell; Serrarens, Alex; Van Baalen, Janneke / *A fundamental case study on the Prius and IMA drivetrain concepts* / Technische Universiteit Eindhoven / Drivetrain Innovations BV

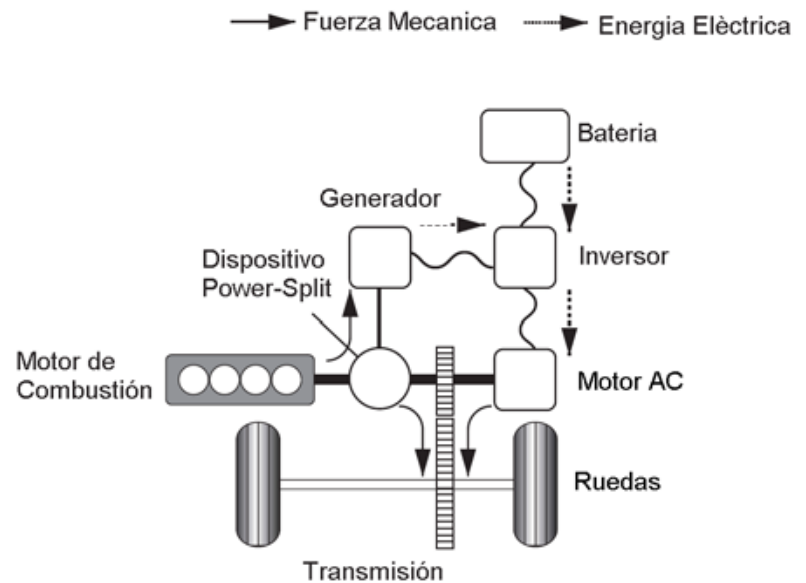


Diagrama simplificado de los componentes de tracción en un vehículo híbrido



Componentes del motor del Toyota Prius

El Concepto de *Smart Grid*

El desarrollo de redes eléctricas inteligentes es uno de los próximos pasos en la planificación futura de los sistemas eléctricos de potencia

Los avances en materia de telecomunicaciones y la creciente tendencia a una mayor generación distribuida, fruto del aumento en el uso de las energías renovables, han dado cabida, desde principios de la década pasada, al concepto y desarrollo de una red inteligente (RI). La cual ha ido haciéndose espacio en las consideraciones de muchos países y es un tema de amplia discusión en el ámbito internacional. Esencialmente, el término *smart grid* se refiere a una red (incluyendo el sistema generación, transmisión y distribución) dotada principalmente de ciertos arreglos de control y medición para lograr la gestión los sistemas eléctricos de forma más eficiente, al incrementar la disponibilidad, la confiabilidad y la economía de las transacciones que tienen lugar en la red. De una manera mas amplia, la red inteligente tiene la capacidad de responder a los diferentes eventos que pueden ocurrir en ella, adoptando medidas estratégicas, de forma casi instantanea. Con ello se

busca la autogestión en los periodos de operación y contingencia. Más que la simple automatización, el término *smart grid* se aleja del esquema centralizado que es tradicional de los sistemas eléctricos y busca el máximo aprovechamiento de los recursos de generación disponibles en las cercanías de los puntos de consumo así como una participación más activa e ingeniosa de los consumidores en relación a la energía que demandan y que pueden ofrecer (en el caso de aquellos que tienen fuentes de generación propia).

La red eléctrica, como sistema interconectado, se comporta como una máquina enormemente compleja en donde, los generadores a pesar de estar en puntos distantes, operan en sincronía y el despacho de energía, y algunos otros fenómenos, ocurren a velocidades cercanas a la de la luz. Para los fines de la sociedad moderna resulta igual de importante que la red de carreteras, acueductos y telefonía.

La idea de una red “inteligente” no quiere decir que la existente es “tonta”. La infraestructura tradicional ha sido concebida para satisfacer la demanda acorde a criterios técnicos y económicos bastante razonables que han probado su utilidad desde hace más de un siglo. Sin embargo, el diseño tradicional encuentra dificultades para integrar fuentes de almacenamiento energético de alta capacidad y fuentes de generación distribuida que por su variabilidad y oscilación, como es el caso de las renovables, requieren de un esquema de control más complejo pero a la vez más ágil, predictivo y confiable. Notar que el desarrollo de redes inteligentes no implica en si una reestructuración considerable del tendido. Los cambios a implementar estarían ligados, principalmente, a la inclusión de elementos de control y medición.

“La red inteligente busca optimizar la confiabilidad en el suministro, el uso de recursos renovables, la respuesta a la demanda, el almacenamiento energético y el suministro a los medios de transporte” (Moslehi & Khosrow, 2010). De los aspectos anteriores la

confiabilidad resulta ser el de mayor peso específico en las consideraciones de planificación y operación de la red. Debemos considerar que los recursos renovables tienen, inherentemente, un impacto negativo en la confiabilidad de la red, debido a su variabilidad. Desde esta óptica es entendible el gran reto que supone su integración a gran escala, aunque existen casos notables de éxito.

Con la mejora en la respuesta de la demanda se trata establecer un mayor desempeño ante las oscilaciones de carga por medio de la realización de ajustes y compensaciones en el sistema pero también dotando a los consumidores de información relevante que les permita tomar decisiones sobre su consumo, en función de los costos marginales del kW/h. Así, se puede lograr establecer un esquema de suministro beneficioso a ambas partes, en donde, los clientes pueden elegir horarios de suministros económicamente convenientes a la vez que se puede reducir los picos de demanda en el sistema y tener una curva de carga más “plana”.

De manera similar los recursos de almacenamiento energético están adquiriendo especial interés en el desarrollo de nuevas redes inteligentes. Dado que tienen un efecto que resulta doblemente atractivo al poder suministrar energía durante periodos pico en los centros de carga, y contribuir a descongestionar las líneas de transmisión. En el mismo sentido, el almacenamiento energético se torna una herramienta importante en el aprovechamiento de las energías renovables por el simple hecho de que la generación de estas no es “despachable” sino que su producción está a expensas del clima, cuyo pronóstico, como sabemos, no es una ciencia exacta. Sin embargo, la posibilidad de almacenar la energía disponible de las fuentes eólicas o fotovoltaicas en los momentos de baja demanda resulta, todavía, una condición casi ideal, costosa y también difícil de materializar en la práctica. El instrumento de almacenamiento de energía más ampliamente difundido en los sistemas de potencia, es el bombeo de agua hacia los embalses en donde luego esta es represada para la generación eléctrica. El ciclo de eficiencia de esta solución es bastante precario aunque no resulta del todo impracticable.



Los bancos de baterías de alta capacidad son un elemento novedoso a los sistemas electricos de potencia

Desde mediados de los 90 se han logrado avances significativos en materia de baterías de alta potencia en el orden de varios megavatios en base a celdas de NaS (sulfuro de sodio). Para 2009 se puso en operación en Japón la batería más grande del mundo con una potencia de 34MW (Roberts, 2011). La tendencia al desuso de los combustibles fósiles y el advenimiento de los vehículos eléctricos, parece ser una realidad ineludible en la arquitectura de una red inteligente. Si consideramos que en un futuro no muy lejano gran parte de la energía utilizada para la tracción de vehículos esta llamada a ser provista por la red eléctrica, entenderemos la enorme carga que esta deberá estar lista para suplir.

El desarrollo una RI es una tendencia predominante de los países industrializados, en donde la reducción de los gases de efecto invernadero, el impacto ambiental, así como la confiabilidad y eficiencia de la red constituyen las principales consideraciones para el planeamiento y diseño de nuevas redes. Los países en vías de desarrollo, mantienen un enfoque orientado al suministro de la demanda y el incentivo del crecimiento de sus economías. Desafortunadamente, los aspectos ambientales pasan a un segundo plano y es, hasta cierto punto, entendible. En República Dominicana, las pérdidas técnicas y no técnicas significan cerca de el 30% de la energía generada. Diferentes entidades y autoridades de la industria eléctrica han expresado, desde hace mucho tiempo, la necesidad de invertir en la red eléctrica. En honor a la verdad, hay que decir que el país esta logrando avances significativos en este aspecto.

Lejos de la percepción popular de un sistema precario, tanto el sector público como el privado han contribuido al fortalecimiento de la infraestructura eléctrica, al menos en el aspecto técnico, pues la gestión comercial aún presenta deficiencias considerables.

Dado que en RD las redes de alta y media tensión son propiedad del estado (salvo los sistemas aislados), por ello la responsabilidad de desarrollar una red inteligente debe ser iniciativa de éste. Aunque, de forma tímida se están realizando aportes con la incorporación de recursos renovables y la autogeneración de electricidad. La implementación de contadores bidireccionales se ha logrado con éxito en el país, facilitando las transacciones de los usuarios que tienen fuentes de generación.

Acuña el término *smartgrid* puede parecer un mero modismo y más aún en el tercer mundo, donde sobran argumentos para considerarlo como algo superfluo que todavía está fuera de la realidad de nuestros países. Entendiendo que nuestra sociedad tiene aún muchas necesidades no resueltas. Sin embargo, la discusión no es inoportuna. Si se considera el hecho de que la red actual requiere mejoras sustanciales y que el sector eléctrico es uno de los pilares para lograr el desarrollo sostenible. Diríamos que, es prudente, al menos, considerar la incorporación de un diseño modernista.



“Las redes de alta y media tensión son propiedad del estado (salvo los sistemas aislados), por ello la responsabilidad de desarrollar una red inteligente debe ser iniciativa de éste”

Comentar Artículo

Referencias Bibliograficas

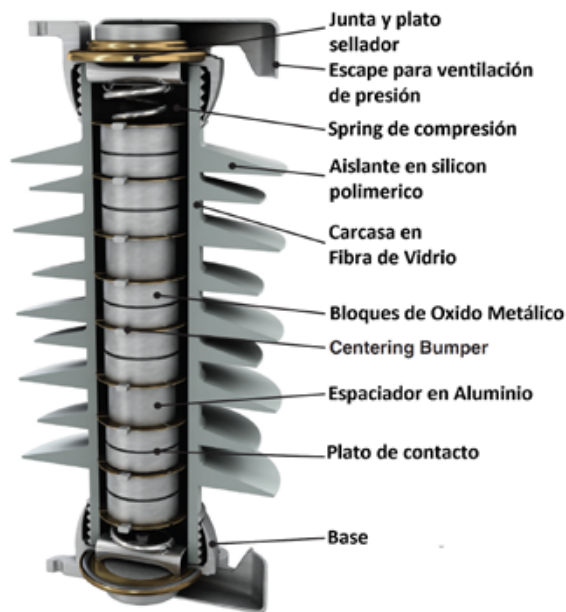
- Roberts, Bradford P. / *The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids* / IEEE / 2011
- Moslehi, Khosrow; Kumar, Ranjit / *Smart Grid - A Reliability Perspective* / IEEE / Washington / 2010
- Kempener, Ruud; Komor, Paul; Hoke, Anderson / *Smart Grids and Renewables: A Guide for Effective Deployment* / International Renewable Energy Agency / 2013
- US Department of Energy (DOE) / *2014 Smart Grid System Report* / DOE / Washington / 2014

Consideraciones en la Selección y Uso de Pararrayos en Sistemas de Media Tensión

Un rayo es un fenómeno natural en extremo fascinante, potente y peligroso. Cuando impacta cerca de una línea de media tensión (sea una descarga directa o no), este inyecta e induce enormes picos de corriente y voltaje en los conductores de su periferia. A diferencia de las líneas aéreas de alto voltaje, las líneas de distribución no tienen conductores de guarda, en parte porque dada la relativa cercanía entre conductores son muy poco sensibles a su protección. Los voltajes y corrientes inducidos se propagan en forma de ondas viajeras a través del tendido.

Esencialmente un supresor de picos o pararrayos es un dispositivo de protección que busca proteger equipos y conductores aislados ante sobrevoltajes producidos en las líneas eléctricas. Su función es mantener dentro de límites aceptables los niveles de voltaje producidos por un evento transitorio en la red como puede ser un rayo, la desconexión repentina de carga, cortocircuitos, entre otras fallas. Las ondas viajeras alcanzan su valor pico más rápido que la onda fundamental y se desplazan sobre esta a velocidades mayores al 90% de la velocidad de la luz (Short, 2003). La duración de estos picos es de unos pocos milisegundos, pero bien pueden resultar suficiente para romper el nivel de aislamiento BIL de los equipos de distribución, el cual para un voltaje nominal de 12.5kV es de 95kV. El BIL se refiere al voltaje pico que se produce durante un tiempo de 1.2/50 usec, acorde IEEE Std. 4-1995. Por estos efectos destructivos es necesario disponer de un margen de protección del nivel de aislamiento respecto a los posibles picos de voltajes que pudieran afectar los equipos. Dicha holgura debe ser superior al 20% acorde IEEE Std. C62.22-1997.

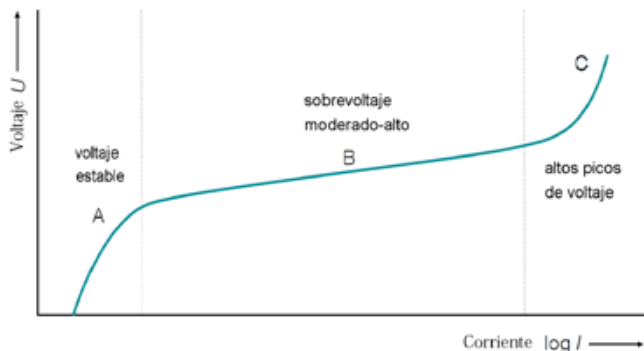
Colocado entre un terminal de línea y la conexión a tierra, el pararrayos provee protección al comportarse como una “válvula”, siendo un elemento resistivo no lineal que actúa como un circuito abierto en niveles normales de voltaje e inicia conducción



En su interior los pararrayos están formados por bloques de óxido metálico unidos en serie

cuando la diferencia de potencial alcanza un nivel crítico. Entonces se forma un cortocircuito entre línea y tierra que hace cero el voltaje. Hoy día el material predilecto para obtener esta cualidad de conductividad no lineal es el resistor de óxido metálico pulverizado.

En términos simplificados se puede decir que existen zonas continuas de operación, en donde el supresor regula el paso de corriente en función del voltaje. Al considerar 3 zonas de operación podemos observar que la sección A representa a la parte capacitiva de la curva y aquí el pararrayos se comporta como un circuito abierto puro en donde solo un efecto capacitivo debido al voltaje entre los terminales del capacitor es responsable de una pequeña corriente de fuga en el orden de 1mA. La sección B corresponde a una zona altamente no lineal en la cual se inicia la conducción de corriente de forma proporcional al voltaje. En este punto de operación de la curva es donde el pararrayos se ve sometido a sobrevoltajes transitorios que sin embargo están muy por debajo del nivel que provoca una descarga atmosférica. Finalmente la parte C tiene una característica exponencial y es la zona de alta corriente en la cual el supresor exhibe cualidades de un puro conductor.



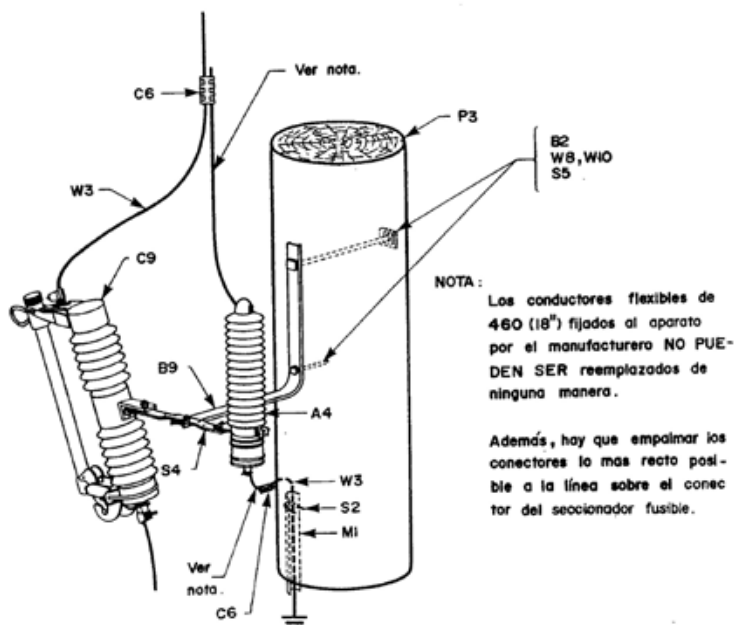
Curva de conducción típica de un pararrayos de óxido metálico

Se debe entender que el voltaje alterno es una onda que se propaga en un medio finito, la cual tiene una magnitud igual a la sumatoria de su componente incidente y reflejada en cualquier punto de la línea de transmisión. Una reflexión se produce en los extremos, discontinuidades y, en menor grado, en las bifurcaciones del medio de propagación. En el caso de los rayos, estos provocan ondas de frente rápido, las cuales al llegar a un extremo y “chocar” con un circuito abierto, tienden a reflejarse en ese punto y provocar un aumento subíto del voltaje. Esto hace que los equipos y conductores sean aún más vulnerables a la falla de su nivel de aislamiento BIL. De manera análoga, y de forma más general se producirán reflexiones de voltaje siempre que exista un cambio de impedancia en el medio de propagación.

La colocación de los pararrayos adquiere especial importancia debido a los efectos inductivos que produce una descarga atmosférica. La longitud del cable, en los terminales del dispositivo, resulta extremadamente crítica y se aconseja que esta sea lo más corta posible y he aquí su importancia. Los terminales estándar de 18” de un pararrayos de distribución tienen una inductancia de aproximadamente 0.4 uH/pie. Un cambio de corriente de 20 kA/usec, es comúnmente asumido como un valor medio para los rayos. Dado que el voltaje a través de los terminales del pararrayos está determinado por la expresión $L di/dt$, se obtiene una variación de voltaje de 8 kV/pie. Es decir, a mayor longitud de los terminales se produce,

proporcionalmente, un incremento en el voltaje que es aplicado al pararrayos y que este debe soportar. Por ello es importante asegurar lo siguiente

1. Nunca enrollar o crear bobinas en los terminales de un pararrayos debido al alto efecto inductivo. Deberán estar siempre lo más rectos posible.
2. El terminal de tierra del pararrayos debe ser conectado a la carcasa del equipo a proteger al igual que al conductor de tierra.



Esquema de instalación de un pararrayos
Fuente: CDEEE, Normas de Distribución, 1989

El voltaje inducido en una línea de distribución se produce debido a la interacción de campos electromagnéticos en la vecindad de la trayectoria vertical del rayo. A continuación se muestra su valor, dado por una ecuación simplificada del modelo de (Rusck S., 1977).

$$V = 36.5 \frac{I * h}{y}$$

donde

- I= corriente de la descarga (kA)
- h = altura de la línea (pies o metros)
- y = distancia de la descarga respecto a la línea (pies o metros)

Para redes con neutro aterrizado el valor de V se reduce en un 25%. La capacidad típica de los pararrayos de media tensión es de 10kA. Valores menores deben ser utilizados con mucha discreción. Las clases de pararrayos disponibles para protección de sistemas de distribución son

- Light duty*: Utilizados como elementos secundarios en la protección de equipos bajo techo, en donde un pararrayos de mayor capacidad está colocado aguas arriba para descargar la mayor parte de la corriente en la unión del cable y la línea aérea.

- Normal Duty*: Usados primariamente en áreas de baja incidencia de descargas atmosféricas.

- Heavy Duty*: Se utilizan en áreas de considerable actividad atmosférica, como es el caso en los trópicos.

- Riser Pole*: Diseñados para la unión de una línea aérea y un cable, ofrecen mayores características de protección que los del tipo Heavy Duty. Notar que esta es una aplicación más demandante debido a los efectos de doble voltaje provocados por los cambios de impedancia.

El voltaje de operación máximo continuo (MCOV por sus siglas en inglés) es el primer criterio a considerar en la selección de un pararrayos. El MCOV debe estar por encima del límite superior de voltaje, que generalmente es un 5% del voltaje línea-neutro del sistema en estado estable. Algunos ingenieros se guían por el ANSI C84.1-1995 que establece valores ligeramente menores al 6%. Otros más conservadores recomiendan un 10% del voltaje L-N. Otro criterio de selección es el sobrevoltaje temporal (TOV). Un pararrayos debe soportar condiciones de sobrevoltaje en las líneas no afectadas por una falla línea a tierra cuando se produce un desplazamiento del neutro cuando este no está aterrizado en un sistema estrella. En este caso los supresores conectados a las fases no afectadas ven un voltaje línea a línea. La capacidad del pararrayos de soportar estos niveles de voltaje depende del tiempo a que el mismo sea sometido. Generalmente los fabricantes suministran curvas de la capacidad TOV del supresor. Notar que la duración de estos sobrevoltajes dependerá del elemento encargado de despejar la falla, por lo general un relé o un fusible.

Valores Típicos de Selección de Pararrayos en Media Tensión

Voltaje Nominal (V)	Sistema 4 hilos aterrizado	Sistema 3 hilos aterrizado baja impedancia	Sistema 3 hilos aterrizado alta impedancia
2400			3 (2.55)
4160Y/2400	3 (2.55)	6 (5.1)	6 (5.1)
4260			6 (5.1)
4800			6 (5.1)
6900			9 (7.65)
8320Y/4800	6 (5.1)	9 (7.65)	
12000Y/6930	9 (7.65)	12 (10.2)	
12470Y/7200	9 (7.65) or 10 (8.4)	15 (12.7)	
13200Y/7620	10 (8.4)	15 (12.7)	
13800Y/7970	10 (8.4) or 12 (10.1)	15 (12.7)	
13800			18 (15.3)
20780Y/12000	15 (12.7)	21 (17.0)	
22860Y/13200	18 (15.3)	24 (19.5)	
23000			30 (24.4)
24940Y/14400	18 (15.3)	27 (22.0)	
27600Y/15930	21 (17.0)	30 (24.4)	
34500Y/19920	27 (22.0)	36 (29.0)	

Nota: Los Valores en parentesis indican el voltaje MCOV
Fuente: IEEE Std. C62.22-1997

En general, debemos considerar el criterio MCOV para sistemas aterrizados de 4 hilos y el TOV para sistemas de 3 hilos no aterrizados. Los valores de parámetros para un pararrayos en particular son suministrados por los fabricantes.

A continuación se ilustra el uso de las curvas TOV. Considerar un voltaje de operación $V_o=7.2kV_{L-N}$, en un circuito trifásico con conexión estrella no aterrizado, el cual se encuentra en estado estable por un periodo indefinido. El periodo $t=0$ el pararrayos es sometido a un voltaje de $V_{TOV}=8.4kV$, como consecuencia de una falla. Entonces la relación $T= V_{TOV} / V_o = 1.17$. Al buscar el valor correspondiente a T en el eje x encontramos un tiempo de 400 segundos. Esto quiere decir que el pararrayos puede soportar el sobrevoltaje de un 17% por ese periodo de tiempo sin sufrir daños térmicos.



Curvas de capacidad térmica de un pararrayos típico

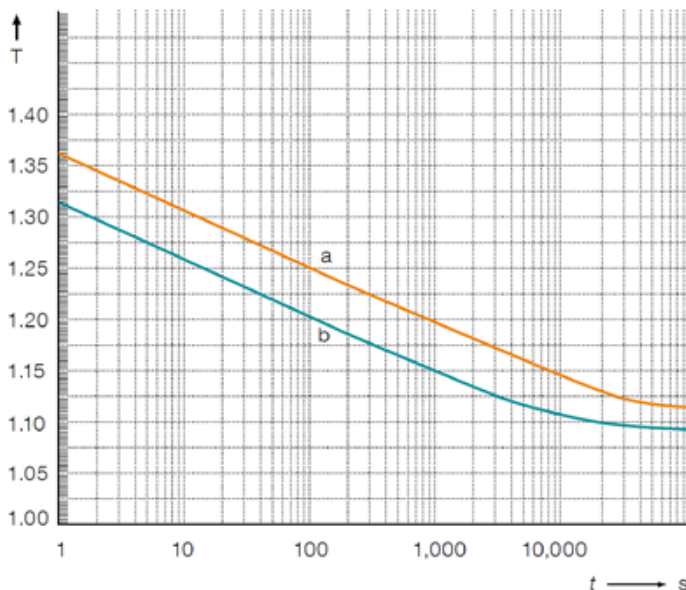
En conclusión, la correcta selección de un pararrayos debe tener en consideración

- La configuración del sistema (si es delta o si es estrella) y el voltaje nominal.
- Los cambios de impedancia y los finales línea.
- La tipología y disposición de los equipos a proteger.
- La incidencia de descargas atmosféricas en la zona.

Referencias Bibliograficas

- ABB / Overvoltage protection metal oxide surge arresters in medium voltage systems, 5th revised edition / Wettingen: ABB Switzerland Ltd / 2011
- Hinrichsen, Volker / Metal-Oxide Surge Arresters in High-Voltage Power Systems 3th Edition / Siemens / Berlin / 2011
- Rusck, S. / Protection of Distribution Lines. Londres: R. H. Golde, ed. / 1977
- Short, T. / Electric power Distribution Handbook / CRC Press / New York / 2003

**No olvides darnos tu opinión
sobre este artículo**



Curvas de capacidad de sobrevoltaje transitorio

Nota: las curvas a) y b) corresponden a un pararrayos sin y con estrés térmico previo, respectivamente

Otra curva interesante a tener en consideración es precisamente la curva de capacidad térmica. Como todo dispositivo eléctrico el pararrayos experimenta pérdidas por efecto Joule y tendrá un límite de estabilidad térmica en donde el calor generado por la corriente de descarga es igual al calor disipado por el supresor. La curva de estabilidad térmica requiere especial atención cuando se considera el estrés a que puede ser sometido el elemento y provocar una falla en este. La capacidad térmica también es un dato que suministran los fabricantes y deben ser considerada cuando se establezca un esquema de protección.

El Impredecible Ciclo Económico del Petróleo

El petróleo es, quizás, el más fascinante e impredecible commodity desde el punto de vista económico. Ha sido el causante de guerras, crisis monetarias, cambios políticos y adelantos tecnológicos. Este mineral es un ingrediente indispensable de la economía global. Siendo el producto de los restos orgánicos de plantas y seres vivos que originalmente estaban en el mar o en la superficie terrestre hace cientos de millones de años y que paulatinamente fueron cubiertos por diferentes capas de sedimento hacia el interior de la tierra.

Desde lo que es el inicio de la explotación moderna, a partir de 1859, el petróleo dio muestras de su alta volatilidad financiera. El barril que por aquel entonces se vendía a \$20 (equivalente actual de aprox. \$425) registró, debido a la avalancha de competidores, un rápido descenso en su cotización y ya para

1861 su precio oscilaba los \$0.10 (Hamilton, 2011). A lo largo de su historia el petróleo ha experimentado oscilaciones bruscas, en donde son notables las alzas y depresiones en sus precios. Las razones de ello parecen estar influenciadas bajo un esquema más complejo que el de oferta – demanda. Algunos autores afirman que las grandes crisis del sector petrolífero están asociadas a los conflictos de los países productores. Otros, advierten, que ciertos elementos, como son la especulación y el flujo en la demanda tienen mayor peso en la cotización del crudo. Lo cierto es que a lo largo de su historia, la venta de petróleo se ha caracterizado por la inestabilidad. *“Cualquiera que tenga una expectativa de aumento en los futuros precios del petróleo tendrá un incentivo a almacenarlo, lo cual a su vez produce un incentivo a frenar la demanda actual y estimular una sobreproducción del crudo”* (Kilian, 2013).

En la historia reciente podemos destacar ciertos eventos que han tenido transcendencia en el mercado petrolífero. Para 1971 los Estados Unidos, entonces el mayor consumidor y productor de petróleo del mundo, cesó en su producción de crudo y pasó a ser dependiente de otros países, en especial los situados en medio oriente. El 6 de Octubre de 1973 Siria y Egipto lideran un ataque contra Israel. Para el día 17 del mismo mes los miembros árabes de la OPEC establecen un embargo en contra de los países que apoyan a Israel, lo cual significa un descenso de un 7.5% de la producción global. El costo del barril se triplica. En 1979 la revolución Iraní afecta la producción mundial en un 7.5% lo que implica una nueva crisis del sector. En 1980 inicia la guerra Irak – Irán lo que provoca una continuación de los problemas de suministro. Debido a la escasez de los 70's los usuarios buscan nuevas alternativas de energía y la demanda de petróleo cae significativamente. Para 1986 el precio del barril se unde hasta los \$12. El 1990 se produce la invasión de Irak a Kuwait y con ello una reducción del 9% de la producción mundial. Nuevamente el precio del barril experimenta una súbita alza y se duplica. El 1998 la crisis financiera asiática provoca un hundimiento del costo del crudo y este vuelve a caer por debajo de los \$12. Para 2008 el precio del crudo tiene su máximo pico en la historia reciente alcanzando los \$142 el barril. Entre las causas de este incremento diversos autores citan la gran depresión mundial, la



alta demanda de nuevos países industrializados como China e India, la reducción en la producción pozos petroleros importantes y la especulación creada por los contratos de compra a futuro.

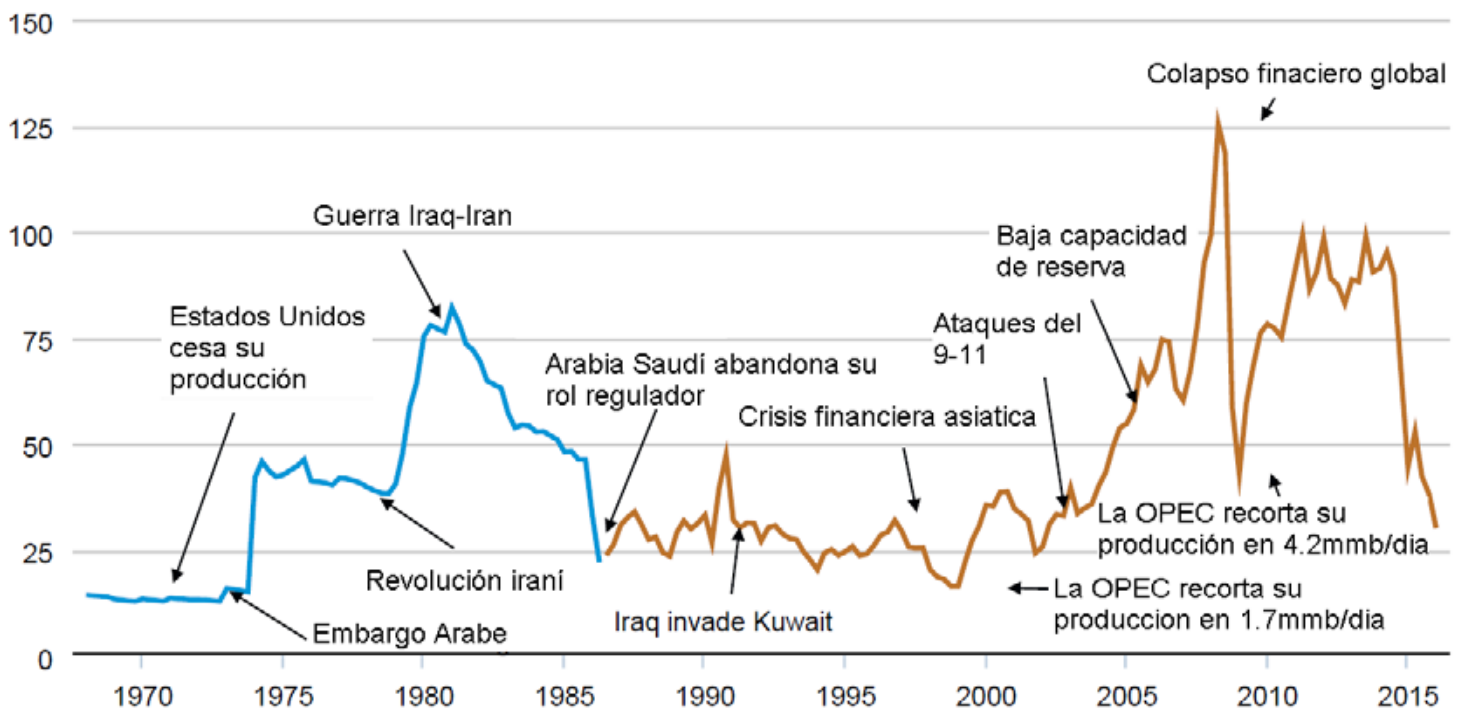
Dada la complejidad del mercado petrolero quizás no sería propio catalogar sus variaciones como cíclicas. El dinamismo del mercado en ocasiones desborda todas las predicciones. Muy pocos llegaron a concebir siquiera la idea de que el costo del crudo se contraería en la proporción en que lo ha hecho en los últimos dos años. No obstante, su comportamiento errático e histórico sugiere que es inevitable que se produzca una nueva alza del crudo. Tarde o temprano los precios volverán a subir y se verá la otra cara de la moneda. La misma que ya era bien conocida pero que creíamos olvidada.

El desarrollo de las naciones requiere cada vez más el uso de combustibles para impulsar su dinamismo. La vertiginosa demanda de energía resulta estrictamente necesaria, creciendo a ritmos exponenciales. Aunque a nivel mundial existe cada día una mayor consciencia ambiental, ningún país quiere ceder su competitividad ni ver mermar su crecimiento. En el orden actual de las economías, el petróleo sigue teniendo un rol preponderante pero ¿cuánto tiempo podrá ser sostenible este esquema? Al ritmo de consumo actual la duración de las reservas actuales conocidas se estiman entre 40-50 años. Ese tiempo podría parecer suficiente para que se produzca la adopción de nuevos combustibles no fósiles, más asequibles y menos contaminantes. Sin embargo, debemos notar que una implementación de a tal escala debe producirse en

plazo menor, pues sería una injusticia privar a las futuras generaciones de este recurso no renovable tan valioso. Pero, todavía, esta es una actitud que parece estar muy distante de ser adoptada.

El comportamiento que exhibe la racionalización del petróleo sugiere la detonación de un caos dentro del mediano y largo plazo. Es en extremo chocante que este no sea un tema de mayor interés global. ¿Será acaso que existen reservas de petróleo más extensas de lo que en realidad se ha dado a conocer y que por ello no hay un intento legítimo en racionalizar el caudal billonario de los ríos negros? o ¿es que, simplemente, al comportamiento humano, tan volátil como el petróleo mismo, no le es dado escapar de su propia voracidad?

Precio por barril crudo de Texas



Fuente: U.S. Energy Information Administration, Thomson Reuters

Referencias Bibliograficas

- Hamilton, James D. / Historical Oil Shocks / University of California / San Diego / 2011
- Hamilton, James D. / Understanding Crude Oil Prices / University of California / San Diego / 2008
- Kilian, Lutz / Oil Price Shocks: Causes and Consequences / University of Michigan and CEPR / Michigan / 2013
- Roubini, Nouriel / The effects of the recent oil price shock / Stern School of Business / New York / 2004
- Stevens, Paul; Hulbert, Matthew / Oil Prices: Energy Investment, Political Stability in the Exporting Countries and OPEC's Dilemma / Chatham House / London / 2012

No olvides darnos tu opinión!

¿Buscas hacer crecer tu negocio?

Anunciate en Megas!

El legendario SR-71 Blackbird

El SR-71 Blackbird es uno de los aviones más célebres de la historia. Tal vez la causa este ligada a su historial ultra secreto, su enigmática apariencia o el hecho de que todavía, pasado un cuarto de siglo desde su puesta en retiro, sigue ostentando el record de velocidad y altitud de vuelo sostenido. El SR-71 alcanzó las 2,193 millas por hora a 85,069 pies. El origen de este emblemático pájaro negro se remonta a finales de los años 50. En plena guerra fría, los organismos de inteligencia de los Estados Unidos observaron la necesidad de disponer de una aeronave de reconocimiento que volara lo suficientemente alto y fuese lo bastante veloz para eludir los radares y sistemas de defensa rusos. Se rumora que por aquella época cientos de pilotos norteamericanos fueron derribados en misiones de reconocimiento en Rusia. Aunque no abundan registros oficiales, pues a ninguno de los dos bandos les interesaba hacer público estos incidentes. Dado que los Estados Unidos no querían verse descubiertos ante el mundo en acciones de espionaje ni los rusos podían darse el lujo de admitir que su espacio aéreo fuera vulnerado con tal facilidad.

Como un producto de la prestigiosa empresa Lockheed (hoy Lockheed-Martin) el SR-71 fue el miembro más notable de la familia Blackbird, la cual también incluyó los modelos A-12 (reconocimiento) y el YF-12A (interceptor dotado de armamento). Estos modelos eran muy similares al SR-71 en lo que respecta a su desempeño, pero su notoriedad se vio afectada debido a una rápida puesta en retiro motivada entre otras cosas por un alto historial de fallos. Su diseño estuvo a cargo de una selecta división de ingeniería de Lockheed conocida como los Skunk Works (trabajos secretos). Liderados por Clarence "Kelly" Johnson, considerado un genio de la aviación, este equipo trabajó el diseño y construcción con extremo hermetismo y confidencialidad en las inmediaciones de Groom Lake, Nevada. Por aquella época esta localidad formaba parte del territorio geográfico que los Estados Unidos utilizaban como campo de pruebas de bombas nucleares. Dicho campo estaba dividido en secciones cuadradas y Groom Lake estaba dentro de lo que entonces era el área número 51, la cual años más tarde fue asociada en la cultura popular a actividades extraterrestres y OVNIS.



En la construcción de los aviones Blackbirds se utilizaron más de 300 empresas contratistas. Desde el inicio la proeza enfrentó retos tecnológicos bastante complejos para su época. Fue necesario desarrollar materiales, lubricantes y nuevos aspectos de diseño hasta entonces inexplorados. La mayor parte del fuselaje del SR-71 fue construido en aleaciones de Titanio. También se hizo necesario encontrar un combustible estable en el rango de -90 a +350 grados Fahrenheit. A plena velocidad la temperatura promedio de la superficie del avión era superior a los 500 grados Fahrenheit. Su diseño destaca por la configuración triangular, su delgadez, las alas corrugadas y los dos potentes motores J-58 de Pratt & Whitney, los cuales generaban un empuje de 32,500 libras cada uno.

La denominación del SR-71 proviene de la continuación de lo que entonces era modelo RS-70, que a su vez era una versión mejorada del XB-70. El 25 de Julio de 1964 el presidente Johnson revela públicamente la existencia de un nuevo avión de reconocimiento. A este le llamo (erróneamente) SR-71 en lugar de RS-71. La fuerza aérea de los Estados Unidos decidió que era más fácil renombrar el avión que corregir al presidente.

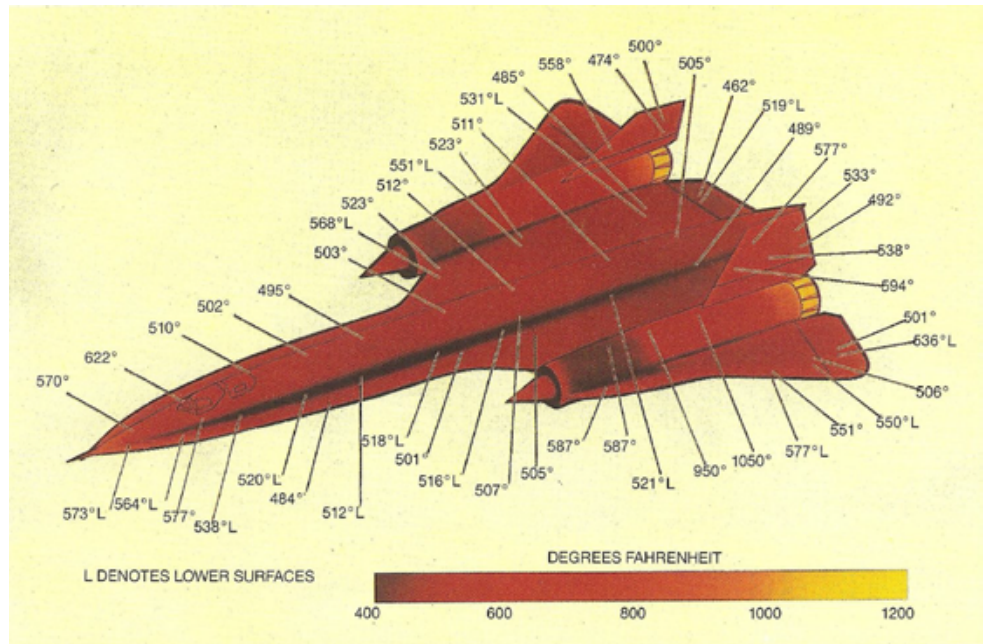
Durante sus operaciones en la base de Okinawa, el SR-71 fue apodado por los japoneses como "Habu" debido a la similitud que tenía con una especie de serpientes venenosas de las islas Ryukyu. El color negro de los Blackbirds obedece a factores térmicos. En promedio este color permitía reducir la temperatura del avión unos 86 grados a facilitar la emisión de

calor interno. En lo que respecta a sus características tecnológicas se dice que, el sistema de navegación del blackbird era tan poderoso que a plena luz del día era capaz de detectar 61 estrellas y su cámara capaz de captar imágenes de tal resolución que, volando a más de 2000 millas por hora, podía tomar una fotografía en donde era posible leer los números de placa de un automóvil ubicado 80,000 pies debajo. Adicionalmente, la aeronave era capaz de mapear el terreno con un sonar e interrumpir las comunicaciones del enemigo y las señales de radar. Si era atacado por un misil tierra-aire o aire-aire la estrategia de defensa era, simplemente, subir y huir.

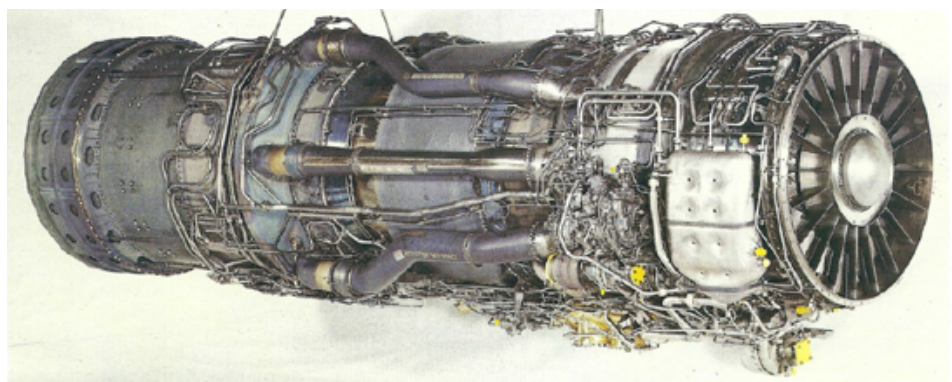
Para 1964, año en que el SR-71 vio su primer vuelo, no existían las herramientas computacionales de las cuales disponemos hoy día. El trabajo fue arduo. En total, 32 unidades del modelo SR-71 fueron construidas, de las cuales 12 fueron perdidas por accidentes y fallas técnicas de diferente índole. Sin embargo ninguna de las perdidas fue debido a fuego enemigo.

El final de los Blackbirds llegó en 1990. Ya fuese por el advenimiento de los satélites de reconocimiento, los costos de mantenimiento o porque el programa perdió el favor de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U.

En 1995 el congreso de los Estados Unidos autorizó la rehabilitación de 3 unidades. Pero volverían a retiro definitivo 3 años más tarde. En lo que habría de ser su último vuelo la aeronave estableció 4 récords internacionales de aviación. Algunos dicen que es el avión más espectacular que haya sido



Temperatura en la superficie del SR-71 a velocidad nominal



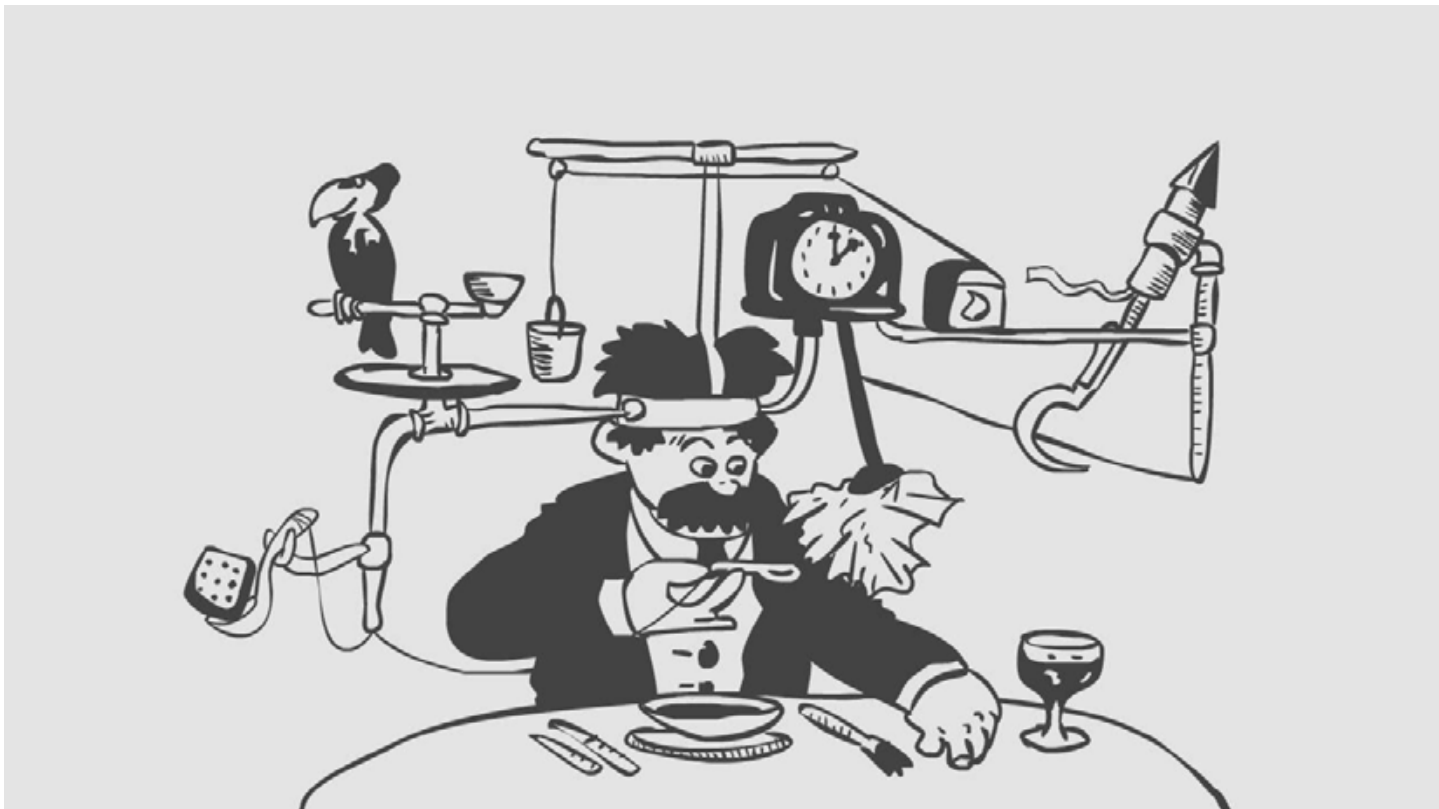
Motor J-58 de Pratt & Whitney

jamás construido (al menos del cual se tenga conocimiento público). Parte de los aviones puestos en retiro encontrarán uso temporal en la NASA, en donde fueron utilizados para realizar experimentos de alta velocidad. Los demás fueron repartidos en diferentes museos. Al día de hoy los Blackbirds siguen maravillando. Son un monumento al ingenio. Son simplemente legendarios.

Referencias Bibliográficas

- Graham, Richard H. / SR-71 Blackbird Operations Manual / Glowing Heat / 2013
- Johnson, Clarence "Kelly" / Development of the Lockheed SR-71 Blackbird / Lockheed Corporation / 1981
- Law, Peter / SR-71 Propulsion Systems P&W J-58 Engine (JT11D-20) / 1991
- Ropelewski, Robert / Lockheed SR-71/ Aviation Week Pilot Report / McGraw-Hill / California / 1981

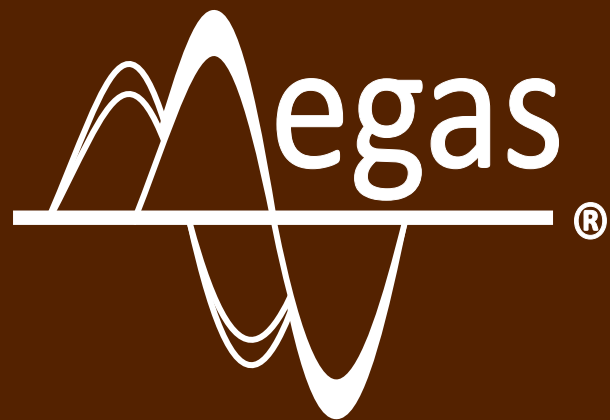
De hoy y de Ayer: La Maquina de Rube Goldberg



“El Prof. Butts y la servilleta que opera por si misma” (Rube Goldberg, 1931)

Con frecuencia, nos resulta totalmente ajeno el nombre de la persona que esta detrás de la invención, aunque la obra tenga una suerte totalmente distinta. Rube Goldberg se graduó en la Universidad de California en Bekerly en 1903, para despues de un breve tiempo de ejercicio dedicarse a la animación de medios escritos e historietas. Es extraño que Goldberg fuese un ingeniero que lograra notoriedad por haber inventado una *ficción*. Se haría especialmente célebre por su forma humoristica de satirizar el comportamiento humano mediante ingeniosas ilustraciones, las cuales tipicamente representan formas de llevar a cabo una tarea sencilla utilizando medios en extremo complejos.

Goldberg se sorprendia por la tendencia de las personas a elegir lo complicado sobre lo simple. El término “máquina de Rube Goldberg” nace para definir un arreglo exagerado de dispositivos y procesos, que interactúan para lograr un objetivo alcanzable con medios más modestos. En la vida real, encontraremos las máquinas de Goldberg por doquier, ya fuere por el simple error ó la ignorancia. En otras ocasiones, las intrincadas artimañas del ingenio del Prof. Butts parecieran cobrar vida para prestarse a la corrupción y el engaño. Las caricaturas no siempre son de papel.



Engineering & Press