



CONSULTORIA FOTOVOLTAICA
IMRE-UNIVERSIDAD DE LA HABANA.

CONSTRUCCION, MONTAJE, FINANCIAMIENTOS Y COSTOS FOTOVOLTAICOS.

INFORME SOBRE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCION Y
MONTAJE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

Autor:

Dr. C. Daniel STOLIK NOVYGROD





CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



IMRE – Facultad Física, 40 años de experiencia en FV

CONSTRUCCIÓN, MONTAJE, FINANCIAMIENTOS, COSTOS FV.

OBJETIVO

Dr.C. Daniel Stolik

DISMINUIR AL MÁXIMO EL COSTO DE LA CONSTRUCCION Y MONTAJE DE SISTEMAS FV, TENIENDO EN CUENTA COSTOS FV TOTALES.

INTRODUCCION

EL ESCENARIO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍAS FV EN EL MUNDO SE CARACTERIZA POR:

- AMBIENTE MUNDIAL PROPICIO A FAVOR DE LAS RENOVABLES.
- AUMENTO DESCOMUNAL DE LA PRODUCCION MUNDIAL FV QUE SEGUIRA AUMENTANDO
- DISMINUCIÓN ESPECTACULAR DE LOS COSTOS FV
- MENOR COSTO DEL kWh FV QUE EL DEL CRUDO (PARIDAD) EN REGIONES DE MÁS SOL
- GRAN DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL AUTOMATIZADO.
- CONSOLIDACIÓN DEL LIDERAZGO FV MUNDIAL DE CHINA
- PREDOMINIO INDUSTRIAL DE LAS CELDAS FV DE SILICIO CRISTALINO (SI-C)
- ESCASO DESARROLLO Y APLICACIONES EN AMÉRICA LATINA (INCLUYE CUBA)

PARTES Y COSTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FV EN BASE SI-C

1.- PARTES CONSTITUTIVAS DE LA INSTALACION INICIAL:

- **MÓDULO (PANEL):** COMPUESTO POR: SILICIO GRADO SOLAR (SI SOG), OBLEA (WAFER), CELDA SOLAR DE SI-C, EVA, TEDLAR, MARCO ALUMINIO, VIDRIO, ENCAPSULANTES.
- **INVERSORES.** (ELECTRÓNICA DE POTENCIA, MICROPROCESADORES, OTROS)
- **ESTRUCTURAS:** SOPORTES FÍSICOS QUE SOSTIENEN LOS MÓDULOS EN UNA DETERMINADA POSICIÓN POR TODA LA VIDA DEL SFV. NO INCLUYE COSTOS DE INSTALACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.
- **CABLEADO (DC):** ENTRE MÓDULOS – INVERSOR + CAJAS DE COMBINACIÓN PARA LOS STRINGS DE LOS MÓDULOS
- **INSTALACIÓN Y MONTAJE:** DE LAS ESTRUCTURAS Y DE LOS MÓDULOS ASÍ COMO EL TRABAJO REQUERIDO PARA CONECTAR LOS MÓDULOS AL INVERSOR. PREDOMINA EL COSTO LABOR.
- **INFRAESTRUCTURA:** INCLUYE TODO COSTO INICIAL DE LA PREPARACIÓN FÍSICA PARA LA PLANTA FV, CERCAS, ACCESOS, ETC. LOS COSTOS DE OTRAS COMPONENTES MENCIONADAS YA ESTABAN INCLUIDAS. PREDOMINA EL COSTO LABOR.
- **CONEXIÓN A LA RED:** CONEXIÓN DEL INVERSOR AL PUNTO DE ACCESO A LA RED QUE INCLUYE CABLEADO Y TRABAJO DE INFRAESTRUCTURA, PERO NO INCLUYE TRANSFORMADOR Y SWITCHGEARS.
- **PLANEACIÓN Y DOCUMENTACIÓN:** CONSISTE EN UNA GRAN PARTE DE LABOR.
- **TRANSFORMADOR + INTERRUPTORES.**

2.- COSTOS POSTERIORES (DE POR VIDA DEL SFV):

- **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

3.- COSTOS DE CAPITAL: (WACC-WEIGHTED AVERAGE COST OF CAPITAL)

- CRÉDITOS
- INTERESES
- TASAS DESCUENTO

TODAS LAS COMPONENTES ANTERIORES TRIBUTAN EN MAYOR O MENOR MEDIDA AL COSTO TOTAL DE LAS INSTALACIONES FV. ACTUALMENTE EL APOORTE MAYOR AL



RESPECTO ES EL DE LOS COSTOS DE CAPITAL (WACC), SEGUIDO Y ALEJADO DE LOS COSTOS DE LOS MODULOS Y AUN CON COSTOS MUCHO MENORES LOS DE O-M.

EN LA MEDIDA QUE LOS COSTOS DE LOS MÓDULOS HAN IDO DISMINUYENDO (COMO PROMEDIO SPOT DE UNOS \$4.00 USD /Wp HACE VARIOS AÑOS A \$0.55/Wp EN LA ACTUALIDAD PARA EL SI MULTICRISTALINO), LOS COSTOS PORCENTUALES DEL RESTOS DEL SISTEMA (BOS - BASE OF SISTEM) SE HAN INCREMENTADO, ASPECTO A TENER MUY EN CUENTA YA QUE EL COSTO DE LOS MÓDULOS CONTINUARÁ DISMINUYENDO.

LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA PARTE DE CONSTRUCCION Y MONTAJE DE PARQUES Y SISTEMAS FV SON LOS QUE SE EXPRESAN EN COLOR ROJO:

- **INSTALACIÓN Y MONTAJE.**
- **INFRAESTRUCTURA (INCLUYE TRABAJO DE CABLEADO AC)**

CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN E INFRAESTRUCTURA.

UN ASPECTO CENTRAL VINCULADO AL PROPOSITO DE DISMINUIR LOS COSTOS RELACIONADOS ESPECIFICAMENTE CON LA PARTE CONSTRUCTIVA Y DE INSTALACIONES FV PASA EN NUESTRAS CONDICIONES POR LA RESISTENCIA DE LOS SISTEMAS FV (SFV) A LOS FUERTES VIENTOS SOBRE TODO DE HURACANES, POR LO QUE SE IMPONE HACER UN ANALISIS DE RIESGOS Y COSTOS AL RESPECTO, TENIENDO MUY EN CUENTA LAS ESPECIFICIDADES DE LA FV QUE DEBEN SER UTILIZADAS PARA LOGRAR UN ÓPTIMO EN ESTA RELACIÓN.

EL ANALISIS LO HAREMOS SOBRE LA BASE DE DISTINTAS PROBABILIDADES DE DAÑO AL SISTEMA FV.

PROBABILIDADES DE RIESGOS.

CUANDO EXISTEN DISTINTOS FACTORES DE PROBABILIDADES DE OCURRENCIA PORCENTUAL, LA PROBABILIDAD FINAL ES LA QUE SE OBTIENE DE MULTIPLICAR LAS DIVERSAS PROBABILIDADES, QUE VA RESULTANDO CADA VEZ MÁS PEQUEÑA, VEAMOS A CONTINUACIÓN DISTINTOS ELEMENTOS QUE PROPICIAN DISMINUIR LAS PROBABILIDADES DE DAÑO, TENIENDO EN CUENTA, ADEMÁS DE LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIAS PROBABLES, LAS MUY IMPORTANTES CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS INHERENTES DE LOS SFV QUE TRIBUTAN A UN ANÁLISIS MAS INTEGRAL QUE PERMITEN CONCLUIR MAS CERTERAMENTE SOBRE LA DISMINUCIÓN DE DAÑOS POR VIENTOS Y HURACANES, ASPECTOS QUE DESARROLLAMOS A CONTINUACIÓN.

PROBABILIDAD 1.

LOS INVERSORES POR LO GENERAL ESTAN MUY PROTEGIDOS, AL IGUAL QUE EL CABLEADO Y OTRAS COMPONENTES DEL SFV QUE SUFREN MUY POCO, LOS MÓDULOS FV PUEDEN SUFRIR ALGO AL PASO DE HURACANES, SOBRE TODO POR IMPACTOS Y TORCEDURAS DE LAS ESTRUCTURAS, PERO EN FORMA REPARTIDA. NO TODAS LAS COMPONENTES DEL SFV TIENEN MAYORES PROBABILIDADES DE RIESGO. O SEA: LOS ELEMENTOS MÁS VULNERABLES SON EL MÓDULO Y LA ESTRUCTURA SOPORTE. NO TODO EL SFV ESTA SOMETIDO A LA MISMA PROBABILIDAD DE DAÑOS, POR LO QUE EL % DE DAÑO TOTAL AL SISTEMA FV DISMINUYE.

PROBABILIDAD 2.

CON RELACIÓN A LOS MÓDULOS, LOS PRODUCTORES GARANTIZAN UNA RESISTENCIA DE 2400 PASCALES DE PRESIÓN PERPENDICULAR, O SEA: LA RESISTENCIA DE LOS MÓDULOS SE CORRESPONDE CON UNA PRESIÓN ORIGINADA POR LA VELOCIDAD DEL VIENTO DE 228 km./HORA (VIENTOS MÁXIMOS DE UN HURACÁN DE CATEGORÍA 4), EN DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL MÓDULO,



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



ES NECESARIO COMPROBAR ESTE REQUISITO TANTO EN MÓDULOS ENSAMBLADOS NACIONALMENTE COMO EN LOS IMPORTADOS DEBIDO A POSIBLES RECLAMACIONES. LAS MEDICIONES DE PRESIONES PERPENDICULARES A LOS MÓDULOS FV SON BASTANTES SENCILLAS, SE REALIZAN POR METODOS MECÁNICOS Y NO PRECISAN NECESARIAMENTE DE METODOS MAS CAROS COMO POR EJEMPLO LA UTILIZACION DE TUNELES DE VIENTO.

DEBIDO A LA GRAN RESISTENCIA COMPROBADA DEL MÓDULO AL VIENTO, LOS ASPECTOS DE FIJACIÓN Y DE ESTRUCTURA SON LOS QUE INFLUYEN MAS EN LAS RESISTENCIAS DE CARGA PERTINENTES Y QUE SE HACE IMPORTANTE OPTIMIZAR PARA GARANTIZAR LOS RIEGOS VS. COSTO, FUNDAMENTALMENTE DEPENDE DE:

1. FIJACIÓN DEL MÓDULO A LA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE.
2. RESISTENCIA DE LA PROPIA ESTRUCTURA.
3. FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA DE LA INSTALACIÓN DEL SFV.

ESTO HACE QUE RECAIGA EN LA PARTE DEL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTES UNA PARTE DE ESTE ASEGURAMIENTO, SIEMPRE VS COSTO, QUE DESPUES SERÁ EJECUTADA POR LOS INSTALADORES.

PROBABILIDAD 3.

HACER LAS “FILAS” DE INSTALACIONES FV CON DOS EN LUGAR DE 4 MÓDULOS TRANSVERSALES, O SEA DISMINUIR EL ESPACIO TRANSVERSAL SOMETIDO AL VIENTO, PARA QUE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SFV AL VIENTO DISMINUYA SUSTANCIALMENTE. ADEMAS ES IMPORTANTE RECALCAR QUE UNA DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS FV ESTAN UBICADAS CERCA DEL SUELO, A DIFERENCIA POR EJEMPLO DE LAS TORRES DE TRANSMISIÓN ELECTRICA DEL SEN O DE LAS EOLICAS, DONDE CON LA ALTURA, BATEN CON MAS FRECUENCIA LOS FUERTES VIENTOS.



SFV SIMILARES PERO CON ANCLAJES AL SUELO DISTINTOS

PROBABILIDAD 4.

HACER LAS FILAS DE MÓDULOS MÁS LARGAS, RECOMENDACIÓN QUE HICIMOS HACE TIEMPO. PUEDEN SER HASTA DE MUCHAS DECENAS DE MÓDULOS Y LLEGAR A MAS DE 100 METROS. ELLO CONTRIBUYE AL POSIBLE AHORRO DE ESTRUCTURA Y A LA RESISTENCIA ANTE RACHAS DE VIENTOS FUERTES DEBIDO AL LIMITADO ALCANCE DEL ANCHO DE ESTAS RACHAS, Y A LA AYUDA A LA RESISTENCIA MECÁNICA POR LA PARTE DE LA ESTRUCTURA ALEDAÑA NO SOMETIDA A DICHAS RACHAS.

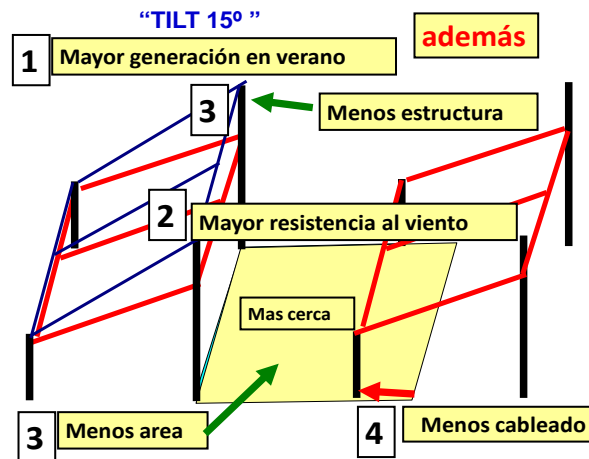
PROBABILIDAD 5.

DE INSTALAR EL MÓDULO CON INCLINACIÓN A 15° (EN LUGAR DE LOS GRADOS DE LATITUD CORRESPONDIENTES) SE OBTIENE UNA MAYOR RESISTENCIA DEL SISTEMA A LOS VIENTOS.

PERO ADEMÁS:



1. LA DIFERENCIA DE ENERGIA SOLAR CAPTADA ES PEQUEÑÍSIMA.
2. SE PRIVILEGIA LA GENERACION EN EL VERANO
3. DISMINUYE LA ALTURA DEL POSTE POSTERIOR.
4. SE ESTECHA LA CALLE ENTRE FILAS DE MÓDULOS. (DISMINUCIÓN DE AREA)
5. POSIBLE AHORRO DE CABLEADO



Daniel Stolik, FF- UH, Consultoría FV - IMRE-UH

PROBABILIDAD 6.

MUNDIALMENTE LA MAYORÍA DE LOS SFV SE INSTALAN PARA RESISTIR VIENTOS HASTA DE UNOS 150 -170 Km/h PARA QUE NO RESULTE EN DAÑO ALGUNO. ESTO NO SIGNIFICA QUE PARA VIENTOS DE MAYOR VELOCIDAD, EL SFV NECESARIAMENTE SE DESTRUYA, YA QUE EL COMPORTAMIENTO ES PORCENTUALMENTE PROBABILÍSTICO, O SEA, VA AUMENTANDO PAULATINAMENTE A PARTIR DE % PEQUEÑOS DE PROBABILIDAD DE DAÑOS CON EL AUMENTO DEL VIENTO SUPERIOR A LOS 150 -170 Km/h.

PROBABILIDAD 7.

EN LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO HAY QUE TENER EN CUENTA LA PROBABILIDAD DE LA OCURRENCIA (RECURRENCIA) DEL PASO DE HURACANES EN LA ISLA, O SEA, POR LOS SISTEMAS FV. VEAMOS, EN 207 AÑOS HAN AZOTADO A CUBA UNOS 15 HURACANES DE GRAN INTENSIDAD. PARA LAS ÁREAS MAS VULNERABLES EL PERIODO DE RETORNO EN AÑOS DE CICLONES DE CATEGORÍAS 2 Y 3 ES DE: P.RIO 17 AÑOS, IJ 21, LA HABANA (ARTEMISA + MAYABEQUE) 15, CIUDAD HABANA 21, MATANZAS 21. EL PERIODO DE RETORNO EN AÑOS DE CICLONES DE CATEGORÍAS 4 Y 5 ES DE: P. RÍO 34 AÑOS, IJ 41, LA HABANA 51, CIUDAD HABANA 51, MATANZAS 51. ESTE CARÁCTER TAMBIÉN PROBABILISTICO SE DEBE TENER MUY EN CUENTA.

EL OCCIDENTE DEL PAÍS NECESITA UNA GRAN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR SUPUESTO TAMBIÉN FV, EL HECHO QUE ESTA ZONA SEA ALGO MÁS VULNERABLE A HURACANES NO DEBE SER UNA LIMITANTE. COMPARESE LA RECURRENCIA CON LOS 25 AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL LOS SFV.

PROBABILIDAD 8.

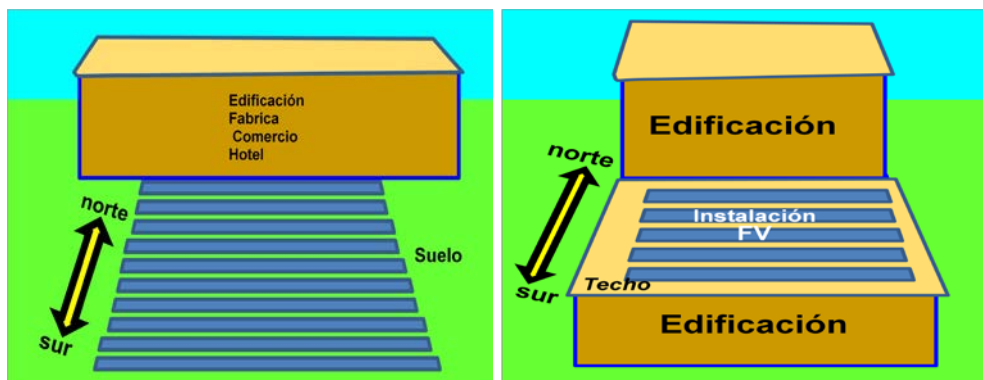
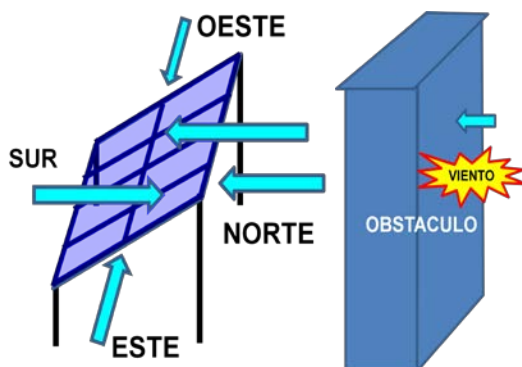
UNA CARACTERISTICA PROPIA DE LAS INSTALACIONES FV (EN EL HEMISFERIO NORTE) ES QUE SE INSTALAN CON ORIENTACIÓN HACIA EL SUR CON EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN CORRESPONDIENTE, POR LO QUE CUANDO EL VIENTO SOPLA DEL SUR LO QUE HACE ES EMPUJAR MAS HACIA EL SUELO AL SISTEMA, POR OTRO LADO CUANDO EL VIENTO SOPLA DESDE EL ESTE O EL OESTE TAMPOCO ORIGINA MUCHOS DAÑOS, ES CUANDO EL VIENTO SOPLA DESDE EL NORTE QUE SE PRODUCE EL EFECTO "VELA" QUE TRATA DE "EMPUJAR" EL SISTEMA HACIA ARRIBA A LA VEZ QUE EL VIENTO QUE PASA POR ENCIMA DESDE EL NORTE POR EL MÓDULO LO SUCCIONA TAMBIÉN HACIA ARRIBA EN FORMA SIMILAR A LAS



ALAS DE LOS AVIONES. O SEA QUE DE LAS 4 COORDENADAS DE DIRECCIONES DEL VIENTO, SOLO UNA, LA QUE PROCEDE DEL NORTE ES LA MÁS PELIGROSA.

PROBABILIDAD 9.

OTRA POSIBILIDAD QUE DISMINUYE EN GRAN MEDIDA LA PROBABILIDAD DE DAÑOS ES CONSTRUIR EDIFICACIONES E INDUSTRIAS NECESARIAS TAN ALTAS COMO SE QUIERA PERO SOLAMENTE POR EL LATERAL NORTE DEL SFV QUE “ROMPEN” LOS VIENTOS Y NO DAN SOMBRA AL SFV, PERO ADEMÁS, DE HACER FALTA, SE PUEDEN CONSTRUIR MONTÍCULOS, CERCAS, PARABANES, SUPERFICIES DESVIADORAS DE VIENTO, ENTRE OTRAS, DESDE EL NORTE POR DONDE SOPLA EL VIENTO EN LA DIRECCIÓN DE EMPUJE DEBAJO DEL MÓDULO HACIA ARRIBA Y DESDE ARRIBA POR SUCCIÓN.



LA EDIFICACION ROMPE EL VIENTO NORTE Y PERMITE SIMPLIFICAR ESTRUCTURA

PROBABILIDAD 10.

LA ZONA DE VIENTOS MÁXIMOS QUE DEFINE LA CATEGORÍA DE UN HURACÁN ESTÁ EN UN ÁREA MUCHO MÁS PEQUEÑA QUE LA DEL DIÁMETRO DEL HURACÁN, EN UNA ZONA CERCANA A LAS PAREDES DEL VÓRTICE DEL CICLÓN (EN COLOR ROJO EN LA PRÓXIMA IMAGEN), ES DECIR, TIENE QUE PASAR ESTA ZONA ESPECÍFICA DEL CICLÓN COMO ÁREA DE MÁS DAÑO.



FUERTES VIENTOS EN ROJO

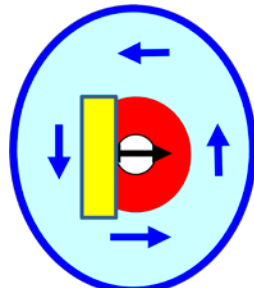
PROBABILIDAD 11.



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



YA NOS REFERIMOS A QUE EL VIENTO QUE SOPLA DESDE EL NORTE ES EL MÁS DAÑINO, PUES BIEN, DEBIDO A LA CIRCULACIÓN DEL VIENTO EN CONTRA DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ, EL MAYOR DAÑO SOLO SE PRODUCE CUANDO LA ZONA OESTE CERCANA AL VÓRTICE DEL CICLÓN ES LA QUE PASA EXACTAMENTE POR LA ZONA DONDE ESTA ENCLAVADO EL SFV (EN COLOR AMARILLO EN LA IMAGEN). CUANDO PASAN LAS ZONAS SUR, NORTE O ESTE DEL HURACÁN POR EL SFV EN CUESTIÓN, LA PROBABILIDAD DE DAÑO DISMINUYE NOTABLEMENTE.



VIENTOS DEL NORTE EN AMARILLO

PROBABILIDAD 12.

EL HECHO DE DESARROLLAR UN PROGRAMA FV DE DISTRIBUCIÓN LAS INSTALACIONES FV POR TODO EL PAÍS EN GRAN NUMERO DE SFV CONECTADOS A RED (POR EJEMPLO ALEMANIA TIENE > 1 500 000 CONECTADOS A RED Y AUSTRALIA > 1000 000) HACE QUE UN CICLÓN AL AFECTAR UNA ZONA DEL PAIS EL DAÑO EN TÉRMINOS PROBABILÍSTICOS ES SOLO PARA UNA PEQUEÑA PARTE DE TODAS LAS INSTALACIONES.

PROBABILIDAD TOTAL FINAL INTEGRAL.

DE ACUERDO CON LA MULTIPLICACIÓN DE TODAS LAS PROBABILIDADES ANTES MENCIONADAS DE DAÑOS FV AZOTADOS POR CICLONES RESULTA UNA PROBABILIDAD FINAL MUY PEQUEÑA.

LAS ESTRUCTURAS NO DEBEN SOBREDIMENSIONARSE, SINO OPTIMIZAR SU DISEÑO MEDIANTE UN CÁLCULO APROPIADO DE COSTO-RIESGO PARA RESISTIR LOS VIENTOS QUE POR PROBABILIDAD DEBEN AFRONTAR. ESTE TEMA ES DE GRAN ATENCIÓN ACTUALMENTE A NIVEL MUNDIAL PARA CONTINUAR ABARATANDO LAS ESTRUCTURAS SOPORTES METÁLICAS FV QUE HAN IDO DISMINUYENDO DE MAS DE \$0.30 USD/Wp PARA TENDER A MENOS DE \$0.15 USD/Wp.

DISMINUIR EL COSTO DE LA ESTRUCTURA FV EN \$0.10 USD/Wp REPRESENTA EL AHORRO DE UN MILLÓN DE USD POR CADA 10 MW FV INSTALADOS. EXISTEN VARIANTES ACTUALES QUE TIENDEN LLEVAR EL COSTO DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS A CERCA DE \$0.10 USD/Wp. PARA MÓDULOS ACTUALES CON EFICIENCIAS DEL 15 %, Y QUE EN UN FUTURO PRÓXIMO SERÁ DE \$0.08 USD/ Wp. CON MÓDULOS DEL 20 % DE EFICIENCIA QUE SE DEBE LOGRAR PARA MÓDULOS DE SILICIO MULTICRISTALINO EN LOS PRÓXIMOS AÑOS.

OTROS ASPECTOS.

TAMPOCO SE JUSTIFICA ECONÓMICAMENTE HACER LOS SFV ABATIBLES NI RECUBRIR POR ARRIBA INNECESARIAMENTE LOS SFV FIJOS POR EL GRAN ENCARECIMIENTO DE LA INVERSIÓN INICIAL. NINGUNO DE LOS SISTEMAS FV INSTALADOS (HOY UNOS 200 000 MW) EN EL MUNDO SON ABATIBLES O CON RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES ESPECÍFICOS.

PERO DE HACER FALTA, INCLUSIVE EN TECHOS O EN SUELO DE POCA POTENCIA, LOS MÓDULOS SE PUEDEN QUITAR Y RESGUARDAR, APROXIMADAMENTE 4 MÓDULOS COMPONEN UN SISTEMA DE 1 KW. Y 20 MÓDULOS - 5 KW. EN INSTALACIONES O PARQUES PEQUEÑOS DE HASTA 50 KW DE POTENCIA FV, COMPUESTOS DE UNOS 200 MÓDULOS, UNA BRIGADA LAS PUEDE QUITAR Y RESGUARDAR EN VARIAS HORAS DE TRABAJO.



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN DAÑO POR HURACANES.

LOS DAÑOS QUE SE REPORTAN EN REGIONES DE PAÍSES SOMETIDOS A AZOTES DE HURACANES Y GRAN CANTIDAD DE SFV FIJOS, NO SON SUSTANCIALES. EN EL CARIBE

INCLUYENDO CUBA, CON MENOS SFV INSTALADOS, LA EXPERIENCIA ES SIMILAR.

LOS PAÍSES DONDE TAMBIÉN AZOTAN HURACANES Y QUE POSEEN UNA MAYOR CANTIDAD DE SISTEMAS FV INSTALADOS, MUCHOS DE ELLOS EN ZONAS DE HURACANES Y TORNADOS, SON: CHINA 32 000 MW, EEUU 20 000 MW, JAPÓN 18 000 MW, AUSTRALIA 4 000 MW, PAÍSES QUE CONTINUARÁN CRECIENDO MÁS RÁPIDAMENTE EN INSTALACIONES FV.

ACTUALMENTE SE ESTÁN MONTANDO POR EMPRESAS DE EXPERIENCIA, FUNDAMENTALMENTE DE FRANCIA, EEUU Y ESPAÑA, UNA MAYOR CANTIDAD DE SISTEMAS FV EN EL CARIBE Y ZONAS CERCANAS, TODAS AZOTADAS POR HURACANES EN: REPUBLICA. DOMINICANA, PUERTO RICO, MÉXICO, HONDURAS GUADALUPE, ISLA CAIMÁN, MARTINICA, ISLAS VÍRGENES, ENTRE OTRAS.



EN LA IMAGEN ANTERIOR SE MUESTRA LA INSTALACION FV EN EL FUERTE JEFFERSON DE LOS EEUU, PARQUE NACIONAL DRY TORTUGAS DE EEUU A 108 KM. AL OESTE DE CAYO HUESO 24°37'43"N 82°52'24"O), MUY CERCA DEL OCCIDENTE DE CUBA, POR DONDE LA OCURRENCIA DE HURACANES ES CONSIDERABLE, NOTESE EN LA IMAGEN LA SENCILLEZ DEL ANCLAJE AL SUELO. MIKE JESTER, GERENTE DE ESTA INSTALACION DE ESTRUCTURAS METALICAS SENCILLAS DECLARÓ DESPUÉS DEL PASO DE UN HURACÁN: *"ME IMPRESIONÓ EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA. NUNCA SE VINO ABAJO DURANTE LA RECIENTE TEMPORADA DE HURACANES CON VIENTOS DE HASTA 190 km/h."*

LAURIE STONE DE SOLAR ENERGY INTERNACIONAL, EN LA REVISTA HOME POWER # 86 (DICIEMBRE 2001 - ENERO 2002), CON RELACIÓN A LOS SISTEMAS REMOTOS INSTALADOS EN CUBA COMENTÓ: "MUCHOS DE ESTOS SISTEMAS HAN SOBREVIVIDO TRES HURACANES SIN DAÑO ALGUNO".

CONCLUSIÓN SOBRE RIESGOS VS COSTOS FV ANTE HURACANES.

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE LA FV POR TODO EL PAIS, CON UNA OCUPACIÓN TOTAL INSIGNIFICANTE DEL AREA NACIONAL, TIENE UN CARÁCTER LOCALIZADO ANTE LOS DESASTRES, POR LO QUE DISMINUYE LA PROBABILIDAD DE CATASTROFE GENERAL FV. EL ENCARECIMIENTO REAL POR HACER INNECESARIAMENTE LAS ESTRUCTURAS MAS ROBUSTAS Y RESISTENTES A LAS VELOCIDADES DE LOS VIENTOS CONSTITUYE UN GASTO MUCHO, PERO MUCHO MAYOR QUE EL COSTO DE LOS DAÑOS PROBABLES OCASIONADOS POR EL PASO DE HURACANES, LO QUE CONSPIRA CONTRA UN DESARROLLO MAS AMBICIOSO FV NACIONAL. LA RECOMENDACIÓN ES QUE SE DEBEN HACER LOS CALCULOS PARA QUE EL SISTEMA FV DOMINADO POR EL ASPECTO DE LA ESTRUCTURA RESISTA VIENTOS DE 150 KM/h Y SE LOGREN EN LOS PRÓXIMOS AÑOS EN BASE A LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA, COSTOS POR ESTRUCTURA (SIN CONTAR EL COSTO DE LOS INSTALADORES) MENORES DE \$0.10 Wp.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



DE HACER MÁS ROBUSTAS LAS ESTRUCTURAS DISTRIBUIDAS POR TODO EL TERRITORIO NACIONAL PARA RESISTIR VIENTOS DE CATEGORÍA 5, COSA QUE NO SE HACE EN NINGÚN DISEÑO ESTRUCTURAL POR TENER SIEMPRE UN CARÁCTER PROBABILISTICO, EL COSTO REAL SERÍA MUCHO MAYOR QUE LOS DAÑOS PROBABLES QUE HARÍA UN HURACÁN A SU PASO POR UNA PARTE DE LAS INSTALACIONES FV, LO QUE LIMITARÍA FINANCIERAMENTE UN MAYOR DESARROLLO DE LA FV EN EL PAÍS. EL POSIBLE AZOTE DE HURACANES HAY QUE TENERLO EN CUENTA, PERO NO DEBE CONSTITUIR UNA LIMITANTE PARA DESARROLLAR UN PROGRAMA NACIONAL FV QUE PUEDE LLEGAR A ALCANZAR UNA PENETRACIÓN A MUY LARGO PLAZO DE UN 30% DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL PAÍS, TEMA TAMBIÉN DE GRAN ATENCIÓN MUNDIAL ACTUAL QUE HEMOS ABORDADO EN OTROS TRABAJOS.

COSTOS DE LOS SISTEMAS FV EN CUBA VS MEJORES PRÁCTICAS.

ES IMPORTANTE ANALIZAR CUALQUIER COSTO FV ESPECÍFICO EN EL MARCO DE LOS COSTOS DE TODAS LAS COMPONENTES DE UN SISTEMA FV. PARA ELLO UTILIZAREMOS LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN OTRO TRABAJO QUE REALIZAMOS SOBRE FINANCIAMIENTOS Y COSTOS TOTALES FV.

HAREMOS UNA COMPARACION CON LOS RESULTADOS ALCANZADOS CON EJEMPLOS DE MEJORES PRÁCTICAS, A ESTOS EFECTOS, SELECCIONEMOS ALEMANIA, PAÍS DE LARGA EXPERIENCIA EN INSTALACIONES FV. EL EJEMPLO NO PERSIGUE EL OBJETIVO DE HACER UNA TRANSFERENCIA MECÁNICA, SINO QUE SIRVE COMO UNA REFERENCIA REAL A LA QUE DEBEMOS DE TENDER, SOBRE TODO TENIENDO EN CUENTA AL SOBRE DIMENSIONAMIENTO DE COSTOS PARCIALES CUANDO AL PRINCIPIO, CON POCA EXPERIENCIA, SE INICIA UN PERIODO DE DESARROLLO FV.

LOS COSTOS DE MEJOR PRÁCTICA HAN CONTINUADO SU DISMINUCIÓN, TENDENCIA QUE CONTINUARÁ,

EN EL PRÓXIMO EJEMPLO SE TOMA EL COSTO DE LOS MÓDULOS EN \$ 0.70 USD/Wp, NO OBSTANTE QUE PARA LOS MÓDULOS DE SI-C EL COSTO PROMEDIO SPOT ACTUAL (JUNIO 2015) ES 0.55 USD/Wp,

CONCRETAMENTE, CON EL EJEMPLO DE ALEMANIA VEAMOS LA TABLA PRÓXIMA DE COSTOS, PRIMERAMENTE SOLO PARA LOS COATOS ESPECIFICOS DE INVERSION INICIAL:

INSTALACIÓN INICIAL (MEJOR PRÁCTICA)	USD / kWp
MÓDULOS	700
INVERSORES	140
ESTRUCTURAS	90
INSTALACION Y MONTAJE	70
CABLEADO DC	70
CONEXIÓN A LA RED	80
INFRAESTRUCTURA	60
DOCUMETACION Y PLANEACION	50
TRANSFORMADOR	30
INTERRUPTORES (switch gear)	10
TOTAL (INVERSIÓN INICIAL)	1300

A ESTO HAY QUE AÑADIR LOS COSTOS POSTERIORES:

COSTOS POSTERIORES (MEJOR PRÁCTICA)	USD / kWp
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO O-M	260
CAMBIO INVERSOR (a los 15 años)	130

LA SUMA DE AMBOS COSTOS (SIN TENER EN CUENTA AUN LOS COSTOS DE CAPITAL) SERA:



CONSULTORIA FV
 PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



	USD / kWp
COSTO INICIAL + POSTERIOR	1690

PERO COMO EN CUBA DEBEMOS "PAGAR" POR "APRENDER LA LECCIÓN" EN COMPARACIÓN CON LOS COSTOS DE MEJORES PRÁCTICAS DE ALEMANIA, AÑADIREMOS UN INCREMENTO QUE HEMOS DENOMINADO "IMPREVISTOS", QUE DEBEN IR DISMINUYENDO EN LA MEDIDA QUE ALCANCEMOS MAYORES EXPERIENCIAS, INCLUYENDO LAS CONSTRUCTIVAS. ESTOS INCREMENTOS HAY QUE APLICARLOS PARA TODAS LAS COMPONENTES DEL COSTO TOTAL DEL SFV. EN FORMA UN TANTO ARBITRARIA DEFINAMOS QUE LOS "IMPREVISTOS" TENGAN UN MÁXIMO DE 350 USD/kWp, ENTONCES EL COSTO QUE ERA DE 1690 USD/kWp PARA LA MEJOR PRÁCTICA DE ALEMANIA SE CONVIERTE EN UNOS 2040 USD/kWp PARA CUBA:

INCREMENTO EN CUBA	USD / kWp
IMPREVISTOS (POR LECCION APRENDIDA)	350
INICIAL+POSTERIOR+IMPREVISTOS	2040

LOS COSTOS DE 1690 Y 2040 USD/kWp NO TIENEN EN CUENTA LOS COSTOS DE CAPITAL. **(WEIGHTED AVERAGE OF CAPITAL COST -WACC-)**. LOS WACC MÁS COMUNES O ESTÁNDAR SON APROXIMADAMENTE DE 5 %, 7,5 % Y 10 %, SE CONSIDERA EL DE 5 % BLANDO, NO OBSTANTE INCLUIREMOS UN SUPER BLANDO DEL 2,5%,

ENTONCES OBTENEMOS (ANALIZADO EN OTROS TRABAJOS) LOS ALTOS % EN QUE SE INCREMENTAN LOS COSTOS FV TANTO VS. SISTEMA FINAL, INCLUYENDO TODOS LOS COSTOS, INICIAL, POSTERIOR Y WACC (SEGUNDA COLUMNA) COMO VS COSTO INICIAL+ OM O SEA SIN WACC (TERCERA COLUMNA).

WACC*	ENCARECIMIENTO SOBRE COSTO FINAL	ENCARECIMIENTO SOBRE COSTO INICIAL + OM
2.5 %	19 %	25 %
5 %	33 %	51 %
7.5 %	44 %	85 %
10 %	52 %	122 %

LOS COSTOS QUE SE INCREMENTAN (SEGUNDA COLUMNA EN LA SIGUIENTE TABLA) POR COSTO DE CAPITAL PARA EL CASO DE MEJORES PRÁCTICAS Y LOS NUEVOS COSTOS TOTALES (TERCERA COLUMNA) SON:

WACC*	INCREMENTO USD / kWp	USD / kWp TOTAL
2.5 %	422	2112
5 %	862	2552
7.5 %	1426	3116
10 %	2062	3572

PARA CASO DE MEJOR PRÁCTICA

PARA EL CASO DEL COSTO POR SUMA DE IMPREVISTOS PROPUESTO COMO EJEMPLO PARA CUBA OBTENEMOS:

WACC*	INCREMENTO USD / kWp	USD / kWp TOTAL
2.5 %	510	2550
5 %	1040	3080
7.5 %	1734	3774
10 %	2489	4529

PARA CASO DE POCA PRÁCTICA



NÓTESE LA ENORME INFLUENCIA DEL COSTO DE CAPITAL EN LOS COSTOS TOTALES DE LOS SISTEMAS FV, ASPECTO QUE ES ANALIZADO EN OTROS TRABAJOS.

AUNQUE LOS COSTOS RELACIONADOS PROPIAMENTE CON LA INSTALACION Y EL MONTAJE SON TREMENDAMENTE MENORES QUE LOS COSTOS DE CAPITAL, EL DE MÓDULOS E INCLUSIVE PARA EL DE IMPREVISTO PROPUESTO, ES IMPORTANTE NO SOBREDIMENSIONAR OTROS COSTOS, SINO TAMBIEN TRATAR DE DISMINUIRLO, HACERLO TENDER A LAS MEJORES PRÁCTICAS, TALES COMO LOS RELACIONADOS CON INSTALACION Y MONTAJE.

INFLUENCIA DE INSTALACIÓN Y MONTAJE EN LOS COSTOS FV

TODOS LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS FV, MENOS LA DE COSTOS DE CAPITAL, HAN IDO DISMINUYENDO, EL MAS NOTABLE SIN DUDAS ES EL DE LOS MÓDULOS, PERO NUESTRO OBJETIVO EN ESTA OCASIÓN ES ANALIZAR LA DISMINUCION DE COSTOS EN LOS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS SEÑALADOS, QUE AUNQUE MAS LENTAMENTE, TAMBIEN HAN DECRECIDO.

ESTRUCTURAS (SOPORTES FÍSICOS QUE SOSTIENEN LOS MÓDULOS) SIN INCLUIR LOS COSTOS DE INSTALACIÓN), O SEA, SE TRATA DEL HARDWARE. LO TRAEMOS A COLACIÓN A PESAR DE QUE SALE DEL MARCO DE LA INSTALACION Y MONTAJE CONCRETA POR ESTAR MUY RELACIONADO CON EL DISEÑO TENDIENTE A GARANTIZAR LA RESISTENCIA INTEGRAL DEL SISTEMA (PESO, VIENTO, ETC.). EL COSTO PUEDE LLEGAR HASTA \$0.30 USD/Wp EN UNA PRACTICA DEFICIENTE, EN MUCHOS LUGARES ESTA EN EL ORDEN DE LOS \$0.15 USD/Wp, EN LA BUENA PRÁCTICA ALEMANA EL COSTO PROMEDIO DE LAS ESTRUCTURAS (SIN INCLUIR AUN LOS COSTOS DE MONTAJE) PARA LOS PARQUES FV ES DE **\$0.09 USD/Wp**, DIFÍCIL DE LOGRAR HOY EN CUBA PERO A LO QUE DEBEMOS TENDER COMO REFERENCIA, PARA ELLO ES NECESARIO NO SOBREDIMENSIONAR INNECESARIAMENTE EL DISEÑO.

INFRAESTRUCTURA. POSIBLEMENTE ES OTRO DE LAS PARTES EN QUE SE TIENDE A SOBRE ASEGURAR CON COSTOS SUPERIORES. INCLUYE TODO COSTO INICIAL DE LA PREPARACIÓN FÍSICA PARA LA PLANTA FV, CERCAS, ACCESOS, ETC. ES DE NOTAR QUE PREDOMINA EL COSTO LABOR, QUE POR CIERTO ES MUCHO MENOR EN CUBA POR PAGO A LOS INSTALADORES, POR EJEMPLO EN ALEMANIA EL OPERARIO RECIBE APROXIMADAMENTE \$25.USD LA HORA.

EL COSTO DE BUENA PRÁCTICA HOY EN ALEMANIA POR ESTE ACAPITE DE INFRAESTRUCTURA ES DE **\$0.06 USD/Wp**. TAMBIÉN DIFÍCIL DE LOGRAR HOY EN CUBA PERO A LO QUE DEBEMOS TENDER COMO REFERENCIA.

EL TRABAJO DE INFRAESTRUCTURA DE LA CONEXIÓN AC DEL INVERSOR A LA RED SE INCLUYE EN EL OTRO ACÁPITE AL RESPECTO (DE CONEXIÓN A RED) EN EL QUE SE INCLUYE TAMBIÉN EL COSTO DEL HARDWARE (CABLES AC, ETC), FIJEMOS PARA LA PARTE CONSTRUCTIVA (COSTOS SOFT) UNOS **\$0.02 USD/Wp**. QUE REPRESENTA UNA PEQUEÑA PARTE DE LOS \$0.08 USD/Wp. DESTINADOS PARA LA CONEXIÓN A LA RED.

INSTALACIÓN Y MONTAJE. ES EL COSTO DE INSTALAR CASI TODO, COMO ESTRUCTURAS, MODULOS, EL TRABAJO REQUERIDO PARA CONECTAR EL CABLEADO DE LOS MÓDULOS AL INVERSOR. EN ESTE ACÁPITE PREDOMINA, AL IGUAL QUE EN LA INFRAESTRUCTURA, EL COSTO LABOR.

EN ALEMANIA EL PROMEDIO DE ESTOS COSTOS ESTA EN **0.07 USD/Wp**. RECALCAMOS QUE SIRVE DE REFERENCIA DE MEJOR PRÁCTICA A LA QUE DEBEMOS TENDER.

PLANEACIÓN Y DOCUMENTACIÓN. ES UN ASPECTO QUE TAMBIEN DEPENDE EN GRAN MEDIDA DEL COSTO LABOR, PARA LA MEJOR PRÁCTICA ALEMANA EL COSTO ES DE 0.05 USD/Wp. DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE COSTO LABOR Y UNA PEQUEÑA PARTE SE CORRESPONDE CON ASPECTOS RELACIONADOS CON LA PARTE CONSTRUCTIVA O DE MONTAJE, QUE APROXIMADAMENTE LO FIJAREMOS EN UN **0.01 USD/Wp**.



COSTOS TOTALES DE LA PARTE CONSTRUCTIVA.

LA SUMA DE LOS COSTOS DE ESTRUCTURAS (**\$0.09**), INFRAESTRUCTURA (**\$0.06**), INSTALACION Y MONTAJE (**0.07**), UNA PARTE DEL CABLEADO AC (**\$0.02**), OTRA PARTE DE PLANEACION Y DOCUMENTACIÓN (**\$0.01**) ES PARA LA MEJOR PRÁCTICA DE UNOS **\$0.25 USD/Wp**. SI COMPARAMOS CON TODO EL COSTO INICIAL TOTAL QUE ES DE **\$1.30 USD/Wp** (MÓDULOS, INVERSORES, BOS, SIN SUMAR COSTOS DE O-M, WACC E IMPREVISTOS), APRECIAMOS QUE TODA LA PARTE CONSTRUCTIVA DE LA INSTALACION INICIAL CONSTA DE APROXIMADAMENTE UN 20%. POR SUPUESTO QUE TANTO LOS COSTOS DE **\$0.25 USD/Wp** COMO LOS **\$1.30 USD/Wp** DE TODA LA INVERSIÓN INICIAL, NO SON REALES PARA CUBA, POR LO QUE AÑADIMOS UN IMPREVISTO TOTAL DE **\$0.35 USD/Wp**, EN EL QUE UNA PARTE CORRESPONDE A UN CIERTO INCREMENTO DE LA PARTE CONSTRUCTIVA. QUE DEBE IR DIMINUYENDO EN LA MEDIDA QUE SE VAYA GANANDO EXPERIENCIA Y PROFESIONALIDAD EN LOS PLANES DE INSTALACIONES FV. AUNQUE PAREZCA DE MENOR SIGNIFICACIÓN ECONÓMICA, REALMENTE LA DISMINUCIÓN POR CADA \$0.10 USD/Wp ES IMPORTANTE, YA QUE POR CADA 10 MW SE AHORRA UN MILLÓN DE USD.

SELECCIÓN DE SITIOS PARA LAS INSTALACIONES FV.

UNA BUENA SELECCIÓN DE LOS LUGARES PARA LAS INSTALACIONES FV INFLUYE EN LOS COSTOS DE LA PARTE CONSTRUCTIVA. PERO TAMBIEN ESTE ASPECTO ESTA INTIMAMENTE RELACIONADO CON LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA TECNOLOGÍA FV, SU DESARROLLO Y ESTRATEGIA (VER TRABAJO SOBRE PENETRACION Y ESTRATEGIA FV). POR EJEMPLO: MIENTRAS MAS DISPERSA Y MAYOR SEA EL NÚMERO DE INSTALACIONES FV SON MEJORES LAS PRESTACIONES FV CONECTADAS A LA RED. ESTO SE VE REFORZADO EN EL CASO DE CUBA POR SU CONFIGURACION GEOGRÁFICA ESTE – OESTE (MENOR DIFERENCIA EN LATITUD), POR LO QUE LA FLUCTUACIÓN DEL PROMEDIO DE RADIACION SOLAR ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO, TANTO ASI QUE LA PEOR RADIACIÓN DE CUBA ES MAYOR QUE LA MAS ALTA DE ALEMANIA, PAIS CON MAYORES INSTALACIONES FV DEL MUNDO, O SEA, QUE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS FV ES POSIBLE A LO LARGO Y ANCHO DE TODO EL ARCHIPIELAGO CUBANO.

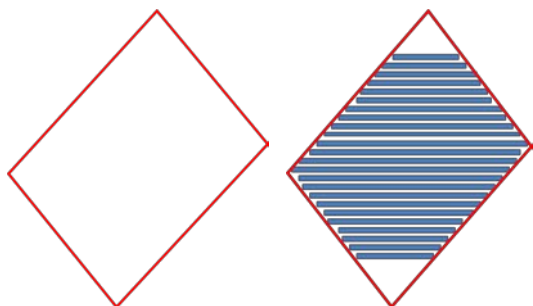
LAS POTENCIAS FV PUEDEN CUBRIR UN AMPLIO ESPECTRO, DESDE VARIOS kWp HASTA DECENAS DE (MUNDIALMENTE CIENTOS) MWp. EN CUBA HA SIDO CORRECTA LA POLITICA DE COMENZAR CON POTENCIAS MENORES EN PARQUES, LAS QUE PODRÁN IR AUMENTANDO EN NUMERO Y POTENCIA, SOBRE TODO CUANDO PROLIFEREN EN NUMERO Y DISPERSIÓN LOS PARQUES, EL ELEMENTO DE LA DISPERSIÓN ES MUY IMPORTANTE PARA AYUDAR AL DESPACHO ELÉCTRICO EN LA GESTIÓN DE RED PARA MANTENER LA ESTABILIDAD EN TENSION Y FRECUENCIA. LOS SISTEMAS FV SE DEBEN INSTALAR LO MAS CERCA DEL CONSUMO Y SOBRE TODO EN AUTONSUMO. EN ESTE SENTIDO LAS FÁBRICAS DE MAYOR LABOR DIURNA QUE POSEAN TERRENOS EN SU LATERAL SUR SE PRESTAN NOTABLEMENTE PARA UBICAR LA PLANTA FV, CON MAYOR SIMPLIFICACION DE LA ESTRUCTURA Y MENOR COSTO DEBIDO A QUE EL EDIFICIO ROMPE EL VIENTO PROVENIENTE DEL NORTE.

PARA LOS PARQUES FV SE DEBE EVITAR O SIMPLIFICAR AL MÁXIMO EL MOVIMIENTO DE TIERRA CON LA CONSECUENTE DISMINUCION DE COSTOS.

LA GEOMETRÍA DEL PARQUE PUEDE SER DIVERSA, RECTANGULAR, IRREGULAR, DISPERSA DE ACUERDO A LA GEOGRAFÍA DEL LUGAR, SE TIENDE QUE SEA RECTANGULAR CON LAS LINEAS DE MODULOS DE UNA MISMA LONGITUD, PERO ESTO DEPENDE TAMBIEN DE LA ORIENTACIÓN DE LOS MODULOS. VEAMOS UN EJEMPLO DE UN ESPACIO COMPLETAMENTE RECTANGULAR EN QUE LA DISPOSICION DE LOS MÓDULOS NO PUEDEN TENER LA MISMA LONGITUD, O SEA, DONDE ES IMPOSIBLE LOGRAR EL PARQUE EN FORMA RECTANGULAR.



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



AUNQUE ES CORRECTO QUE LOS PARQUES FV TIENDAN A SER RECTANGULARES, ELLO NO DEBE CONVERTIRSE EN UNA CAMISA DE FUERZA.

ORIENTACION DE LOS PANELES

EN EL HEMISFERIO NORTE LA MAYORÍA DE LOS SISTEMAS FV ESTAN ORIENTADOS HACIA EL SUR. EXISTEN LAS INSTALACIONES CON ORIENTACIÓN ESTE-OESTE QUE SON MAS CARAS, POR LO QUE CONTINUAMOS RECOMENDANDO MANTENER LA ORIENTACION AL SUR, ESTAS, EN OCASIONES SE DESVIAN LIGERAMENTE HACIA SURESTE O SUROESTE BUSCANDO PRIVILEGIAR LA GENERACION A CIERTA HORAS CON TAMBIEN UNA LIGERA DISMINUCION DE LA GENERACION FV.

AUNQUE NO HA SIDO OBJETO DE NUESTRA RECOMENMDACIÓN DEBIDO A QUE SON MAS CARAS, NO OBSTANTE, LA ORIENTACION ESTE-OESTE DE LOS MODULOS TIENE CIERTAS BONDADES QUE PUEDEN SER TENIDAS EN CUENTA PARA ALGUNAS INSTALACIONES DE ACUERDO CON SUS CARACTERÍSTICAS, POR EJEMPLO:

- LAS INSTALADAS CON ORIENTACION ESTE-OESTE EN LUGARES PLANOS DEL MISMO TAMAÑO, GENERAN ALREDEDOR DE UN 30% MÁS QUE LOS SISTEMAS ORIENTADOS AL SUR
- ENSANCHAN LA CURVA DE GENERACIÓN POR LO QUE SUMINISTRAN ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE ALGO MAS DE TIEMPO DURANTE EL DÍA QUE LOS SISTEMAS CON ORIENTACIÓN SUR.
- GRACIAS A MENORES ÁNGULOS DE INCLINACIÓN SE PUEDE UTILIZAR CON CAPACIDADES DE SOPORTE DE CARGA MAS BAJOS.
- POSEEN UNA MAYOR RESISTENCIA A LOS VIENTOS HURACANADOS, NO IMPORTA DE DONDE PROVENGAN, INCLUIDOS LOS DEL NORTE.
- PUEDEN REQUERIR MENOS MATERIALES DE MONTAJE CON REDUCCIÓN DE COSTOS DE INSTALACIÓN.





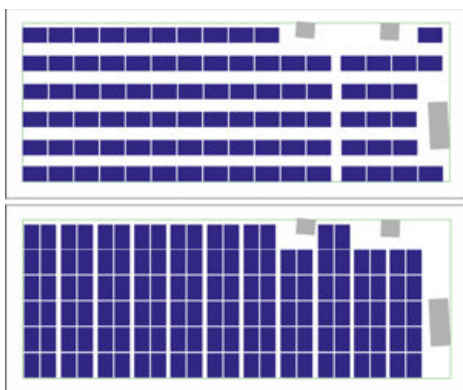
CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



MAYOR RESISTENCIA A LOS VIENTOS HURACANADOS INCLUYENDO LOS DEL NORTE

LOS MÓDULOS FV SE PUEDEN INSTALAR CON SEPARACIONES MÍNIMAS E INCLINACIONES DE UNOS 10^0 . POR EJEMPLO, EN UN ÁREA DE 12x30 METROS SE PUEDEN INSTALAR 126 MÓDULOS, EN LUGAR DE LOS 88 CON ORIENTACIÓN SUR, PARA POTENCIA DEL MÓDULO DE 250 WP, EL CONJUNTO DEL SISTEMA PRODUCIRÍA UNA POTENCIA DE 31,5 KWP, EN COMPARACIÓN CON 22 KWP. EL RENDIMIENTO ANUAL DE LA INSTALACIÓN SERÍA DE APROXIMADAMENTE 24.000 KWH, UN 30% MAYOR QUE LA DE LOS SISTEMAS ORIENTADOS AL SUR, QUE GENERARÍAN ALREDEDOR DE 18.000 KWH DE ELECTRICIDAD AL AÑO



SUR 88 vs 126 ESTE-OESTE



Los módulos se fijan entre dos soportes de pie y dos de cresta, disminuyendo tanto el coste de los materiales y el tiempo de instalación

LA ORIENTACION ESTE-OESTE, AUNQUE NO SE RECOMIENDA GENERALIZAR, ES UNA POSIBILIDAD A EXPERIMENTAR EN ALGUNOS CASOS CONCRETOS,

LAS FIJACIONES

YA HABIAMOS PLANTEADO QUE LOS ASPECTOS DE FIJACION Y DE ESTRUCTURA SON LOS MAS IMPORTANTES A OPTIMIZAR PARA GARANTIZAR LAS RESISTENCIAS PERTINENTES VS. COSTO:

1. FIJACIÓN DEL MÓDULO A LA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE.
2. RESISTENCIA DE LA PROPIA ESTRUCTURA.
3. FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA.

FIJACIÓN DEL MÓDULO A LA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE.

EL DISEÑO Y LA TECNOLOGIA DE INSTALAR LAS GRAPAS DE FIJACIÓN ESTRUCTURA-MÓDULO SON SUMAMENTE IMPORTANTES PARA GARANTIZAR LA RESISTENCIA A LAS CARGAS, QUE SEAN LO MAS BARATO POSIBLE Y PERMITA A LOS INSTALADORES LA MAYOR RAPIDEZ POSIBLE EN EL TIEMPO DE INSTALACIÓN.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



COMO EL MARCO DEL MÓDULO ES DE ALUMINIO, LAS GRAPAS O ABRAZADERAS DEBEN SER TAMBIEN DE ALUMINIO, PARA ALEJAR EL PAR METÁLICO ALUMINO-ACERO LO MAS POSIBLE DEL MÓDULO. EXISTE UNA AMPLIA GAMA DE GRAPAS QUE TIENEN LAS CONDICIONES NECESARIAS SEÑALADAS.

EL ALUMINIO ES EL METAL MÁS COMUN PARA SER CONFORMADO POR EXTRUSIÓN, YA SEA EN CALIENTE O FRÍO. SI ES EXTRUIDO EN CALIENTE ES CALENTADO DE 300 A 600 °C. LA EXTRUSIÓN EN CALIENTE SE HACE A TEMPERATURAS ELEVADAS PARA EVITAR EL TRABAJO FORZADO Y HACER MÁS FÁCIL EL PASO DEL MATERIAL A TRAVÉS DEL TROQUEL. LA MAYORÍA DE LA EXTRUSIÓN EN CALIENTE SE REALIZA EN PRENSAS HIDRÁULICAS HORIZONTALES CON RANGO DE 250 A 12.000 T. POR LO QUE LA LUBRICACIÓN ES NECESARIA, PUEDE SER ACEITE O GRAFITO PARA BAJAS TEMPERATURAS DE EXTRUSIÓN, O POLVO DE CRISTAL PARA ALTAS TEMPERATURAS DE EXTRUSIÓN. LA MAYOR DESVENTAJA DE ESTE PROCESO ES EL COSTO DE LAS MAQUINARIAS Y SU MANTENIMIENTO.

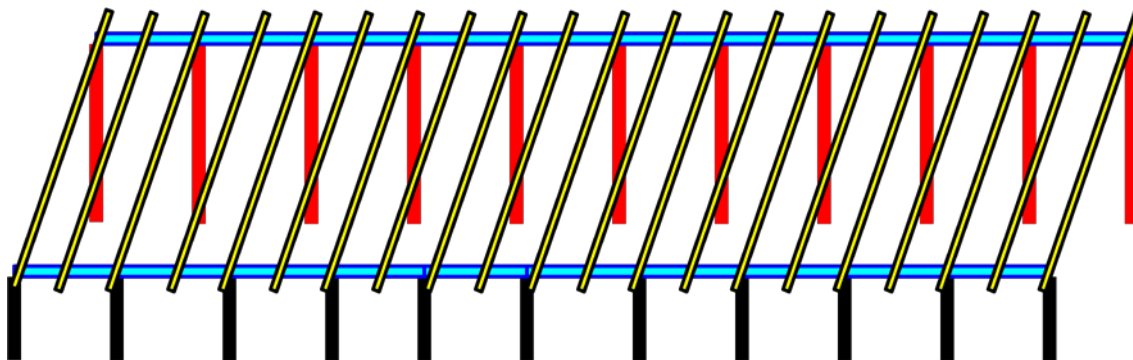
LAS GRAPAS SE PUEDEN HACER EN CUBA, EN LA EMPRESA LENIN DE SGO. DE LAS VEGAS QUE POSEE LA MAQUINARIA NECESARIA DONDE SE HACE EXTRUSION DE ALUMINIO, LOS TROQUELES CON POSIBLE DISEÑO CUBANO SE PUEDEN ENCARGAR E IMPORTAR EN PAISES COMO CANADA O PORTUGAL. EL PERFIL DE EXTRUSION ES DE VARIOS METROS DE LONGITUD Y SE CORTA EN SEGMENTOS CORTOS, TODAS LAS GRAPAS SALEN IGUALES DE ACUERDO CON EL DISEÑO DEL TROQUEL COMO LOS QUE SE REPRESENTAN EN LAS FIGURAS ANTERIORES.



EJEMPLOS DE GRAPAS PARA BFIJACIONES ESTRUCTURA-MÓDULO FV OBTENIDAS POR EXTRUSIÓN

RESISTENCIA DE LA PROPIA ESTRUCTURA.

TAMBIEN ES FUNDAMENTAL REALIZAR UN BUEN DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTES, PARA LOGRAR LA RESISTENCIA NOMINALIZADA, COSTOS MENORES POSIBLES, MAYOR SENCILLEZ PARA SU RÁPIDO MONTAJE POR PARTE DE LOS INSTALADORES. LA ESTRUCTURA MÁS SENCILLA QUE SE LOGRA CONSTA DE CUATRO PERFILES: POSTES TRASEROS Y DELANTEROS, SOPORTES TRANSVERSALES Y LOS DE LOS MÓDULOS.



POSTES TRASEROS (ROJOS), DELANTEROS (NEGROS), TRANSVERSALES (AZUL), SOPORTES DE (AMARILLO)



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



DE SER NECASARIO SE DISEÑAN CON ALGUNA O ALGUNOS PERFILES DIAGONALES. REACALCAMOS QUE LA TENDENCIA ES HACER LO MAS SENCILLO POSIBLE EL DISEÑO INTEGRAL Y DE LOS DISTINTOS PERFILES. LOS METALES QUE SE UTILIZAN SON EL ACERO GALVANIZADO Y EL ALUMINIO. LOS POSTES (TRASEROS Y DELANTEROS) SON DE ACERO, AL IGUAL QUE LA MAYORIA DE LOS TRANSVERSALES Y SOPORTES DE MÓDULOS.

TAMBIEN. EN MUCHA MENOR CUANTÍA EN OCASIONES SE UTILIZAN PEFILES PREFABRICADOS DE CONCRETO REFORZADO.

TODOS LOS PERFILES SE PUEDEN HACER EN CUBA, ES UNA PARTE QUE PUEDE TRIBUTAR AL ENCADENAMIENTO FV DE LA PRODUCCION NACIONAL, SIEMPRE QUE SE LOGRE A COSTOS MAS BARATOS QUE LOS IMPORTADOS (YA PUESTOS EN CUBA), LO QUE ES MUY FACTIBLE SI SE LOGRA LA EFICIENCIA NECESARIA AL RESPECTO.

	LONGITUD. METROS	PESO KG	CANTIDAD	PESO TOTAL
POSTE TRASERO	3.4	27.5	11	302
POSTE DELANTERO	2.8	20.6	11	227
SOPORTE TRANSVERSAL	3.936	26	29	518
SOPORTE DE MÓDULOS	4.1	7	40	280

EJEMPLOS DE PERFILES DE ESTRUCTURA METÁLICA DE ACERO GALVANIZADO

FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA.

POSIBLEMENTE ES EL ELEMENTO MAS CONTROVERTIDO DE LA PARTE CONSTRUCTIVA DE LAS INSTALACIONES FV. LOS POSTES TRASEROS Y DELANTEROS SON LOS ENCARGADOS DE LA FIJACION DE TODO EL SFV AL SUELO. EXISTEN VARIANTES DE CÓMO REALIZARLO, LAS ALTERNATIVAS DEPENDEN DE LAS PROPIAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO. POR EJEMPLO. SI NO HAY PIEDRAS LO MAS RECOMENDABLE ES UTILIZAR DIRECTAMENTE EL HINCAMIENTO DE LOS POSTES.

HAY DOS TIPOS DE MAQUINAS HINCADORAS, LAS DE GOLPEO Y LAS VIBRATORIAS, PUEDEN EMPOTRAR (HINCAR) CADA POSTE EN UNOS DOS MINUTOS. LA INVERSION INICIAL SE AMORTIZA RAPIDAMENTE, LAS HINCADORAS VAN TRASLADANDOSE Y TRABAJANDO DE PARQUE EN PARQUE.

RECOMENDAMOS HACER UN GRUPO ESPECIALIZADO EN HINCADORAS. LA FIJACION AL SUELO POR HINCAMIENTO DE POSTES NO LLEVA HACER HUECOS, NI CABILLAS NI CONCRETO.





CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



IMÁGENES DE HINCAMIENTOS DE POSTES DE SISTEMAS FV

SI EL SUELO TIENE ALGUNAS POCAS PIEDRAS, ES POSIBLE QUE HINCADORAS DE GOLPEO PUEDAN UTILIZARSE, DE LO CONTARRIO HAY QUE PASAR A OTROS METODOS, LOS DOS MAS UTILIZADOS SON: 1.- MEDIANTE BARRENADO DE HOYOS Y REFORZAMIENTOS ESPECIFICOS COMO CONCRETO, 2.- MEDIANTE ZAPATAS (CORRIDAS O NO), PILOTES U OTROS PESOS "MUERTOS". EN EL CASO DE HOYOS PODRÍA EXPERIMENTARSE CON COMPACTACIÓN DE TIERRA. EN GENERAL HAY QUE EVITAR AL MÁXIMO LOS ENCOFRADOS DE CABILLAS Y EL USO EXCESIVO DE CONCRETO.

UNO DE LAS CAUSAS QUE HACEN EXAGERAR LA FIJACIÓN AL SUELO ES EL TEMOR AL DAÑO PROVOCADO POR HURACANES DE GRAN INTENSIDAD, CUESTION ANALIZADA ANTERIORMENTE, DE CÓMO DISMINUYE LA PROBABILIDAD DE DAÑOS DEBIDO A LAS CARACTERISTICAS PROPIAS DE LA FV. PERO SI UN PARQUE FV NO ESTA PROTEGIDO EN SU LIMITE NORTE, DEBIDO A QUE EL CHOQUE INICIAL DE LOS VIENTOS ES CON LA PRIMERA FILA DE MÓDULOS, ENTONCES SE PODRÍAN HACER REFORZAMIENTOS ESPECÍFICOS PARA ESTA PRIMERA FILA DE MÓDULOS, INCLUYENDO POSIBLES HOYOS CON ENCONFRADO Y CONCRETO, AUNQUE PUEDA SER TAMBIÉN MEDIANTE CERCADO ROBUSTO PEGADO A LA FILA (QUE NO DAN SOMBRA POR ESTAR AL NORTE).

COMO YA VIMOS, EN EL CASO DE EXPERIMENTAR EN ALGUNOS PARQUES CON ORIENTACION ESTE-OESTE, DISMINUYE NOTABLEMENTE EL DAÑO, INDEPENDIENTEMENTE DE POR DONDE SOPLE EL VIENTO, INCLUSIVE DESDE EL NORTE.

LOS PRODUCTORES DE POSTES DE ACERO GALVANIZADO GARANTIZAN POR UN NUMERO DE AÑOS LA DURACION DE LOS MISMOS, INCLUSIVE ANTE LA CORROSION. AUNQUE NO ESTA MUY AMPLIAMENTE REPORTADO, PARA EVITAR LA CORROSIÓN SE PODRÍA UTILIZAR TAMBIÉN LA PROTECCION CATÓDICA, MUY FACIL DE APLICAR Y DE POCO COSTO.

SOBRE SISTEMAS FV EN TECHOS, CUBIERTAS Y SUELO.

INSTALACIONES FV

PUEDEN ESTAR O NO CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA. HOY MÁS DEL 99 % DE LA MUY INCREMENTADA PRODUCCIÓN MUNDIAL FV SE DESTINA A LOS SISTEMAS CONECTADOS A RED. UNA BONDAD DE LA FV ES SU MODULARIDAD, POR LO QUE SE PUEDE APLICAR DESDE PEQUEÑAS POTENCIAS < 1 kW HASTA PARQUES DE VARIOS CIENTOS DE MW.

UBICACIÓN

TECHOS, CUBIERTAS Y SUELOS DE DIFERENTES DIMENSIONES Y POTENCIAS SON POTENCIALMENTE APTOS PARA LAS INSTALACIONES FV. RECALCAMOS LA CARACTERÍSTICA DE CUBA DE SU DISPOSICION GEOGRAFICA ESTE-OESTE, POR LO QUE EL PROMEDIO DE LA FLUCTUACIÓN DE RADIACION SOLAR ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO, O SEA, TODO EL TERRITORIO NACIONAL ES CANDIDATO PARA INSTALACIONES FV. LA CONVENISNCIA O NO DE INSTALACION OBEDECE A OTRS CAUSAS (VER REQUISITOS DE INSTALACIO FV QUE HACE TIEMPO SE APROBARON).



PROPÓSITO

1.- **PARQUES (PLANTAS FV).** LA ELECTRICIDAD ES GENERADA O COMPRADA POR LAS EMPRESAS ELECTRICAS PARA INYECTAR A LA RED ELÉCTRICA EL 100 % DE SU GENERACION ELECTRICA, SE CARACTERIZAN POR SER LOS DE MAYORES POTENCIAS, INSTALADAS CASI SIEMPRE EN SUELO (ALGUNOS EN GRANDES CUBIERTAS O EN ESPEJOS DE AGUA).

2.- **DEL LADO DEL CLIENTE.** MAYORMENTE SE INSTALAN EN TECHOS Y CUBIERTAS, EN OCASIONES EN SUELO, DIRIGIDO A LOS SIGUIENTES SEGMENTOS:

- RESIDENCIAL
- INDUSTRIAL
- COMERCIAL
- SOCIAL

EVOLUCIÓN

LAS PRIMERA INSTALACIONES FV FUERON EN EL ESPACIO, DESPUES A SISTEMAS REMOTOS EN SUPERFICIE TERRESTRE Y POSTERIORMENTE LOS CONECTADOS A RED, ESTOS ULTIMO HAN CONTINUADO AUMENTANDO CON MAYOR VELOCIDAD. LOS PAISES EUROPEOS SON LOS QUE TIENEN ACTUALMENTE MAS INSTALACIONES FV, EN EL 2012 LA DISTRIBUCION ERA LA SIGUIENTE:

PARQUES EN PISO 28%

DEL LADO DEL CLIENTE 72 %:

RESIDENCIAL 21%
INDUSTRIAL 19%
COMERCIAL 32%

PARQUES EN SUELO

ESTA ES UNA IMPORTANTE VIA PARA LA INTRODUCCIÓN EN MAYOR MEDIDA DE LA FV, DEBIDO A QUE TRIBUTA DIRECTA Y GRANDEMENTE AL COSTO FÓSIL EVITADO. EN LO ÚLTIMOS AÑOS HAN IDO RAPIDAMENTE AUMENTANDO EN NÚMERO Y EN POTENCIA, A CONTINUACION LA RELACION DE PARQUES MAYORES DEL MUNDO EN DICIEMBRE DEL 2014 QUE INCLUSIVE INYECTAN A TRANSMISIÓN:

1	DESERT SUNLIGHT	EEUU	550
2	TOPAZ SOLAR FARM	EEUU	550
3	AGUA CALIENTE	EEUU	397
4	LONGYANGXIA	CHINA	320
5	CALIFORNIA VALLEY	EEUU	292
6	ANTELOPE	EEUU	230
7	MOUNT SIGNAL	EEUU	206
8	GOLMUD	CHINA	200
9	GONGHE	CHINA	200
10	CENTINELA SOLAR	EEUU	170
11	SOLARPARK MEURO	ALEMANIA	166
12	NEUHARDENBERG	ALEMANIA	156
13	NEEMUCH	INDIA	151
14	COPPER MOUNTAIN	EEUU	150
15	MESQUITE	EEUU	150
16	CATELINA SOLAR	EEUU	143
17	CAMPO VERDE	EEUU	139
18	TEMPLIN	ALEMANIA	128
19	SAKRI	INDIA	125
20	ARLINGTON VALLEY	EEUU	125
21	TOUL-ROSIERES	FRANCIA	115



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



22	PEROVO	UCRANIA	105
23	JIAYUGUAN	CHINA	100
24	XITIESHAN	CHINA	100

EN PROYECCION O POSIBLE CONSTRUCCIÓN:

	MW
SOLAR STAR, EEUU	579.
MCCOY SOLAR EEUU	750
QUAID-E-AZAM, PAKISTAN	1500.
PLANTA FV EMIRATOS ARAB.	1000
ORDOS SOLAR CHINA,	2000
WESTLANDS PARKEEUU	2700

PARA CUBA RECOMENDAMOS QUE NO ES EL MOMENTO DE INSTALAR MUY GRANDES PARQUES, ES MAS IMPORTANTE QUE SEAN DE MENORES POTENCIAS Y AUMENTEN EN NUMERO EN FORMA DISTRIBUIDA DE FORMA INTELIGENTE PARA TRIBUTAR A LA DISMINUCIÓN DE FLUCTUACIONES DE TENSION Y FRECUENCIA DE LA RED. PRIMERO MUCHOS PARQUES DE MENOS POTENCIA (DE 1 A 5 MW), LOGRANDO MAYOR DISPERSIÓN DE LOS MISMOS E IR POCO A POCO AUMENTANDO LA POTENCIA, PUEDEN SER MAYORES EN INSTALACIONES MAYORMENTE DE AUTOCONSUMO.



EJEMPLO DE GRAN PARQUEW FV



SFV EN LATERAL DE AUTOPISTA

A MAS LARGO PLAZO, PARQUES FV MAYORES QUE INCLUSIVE TRIBUTEN A TRANSMISION, SERAN TAMBIÉN OPCIONES A EXPLOTAR.

MIENTRAS MAYOR ES LA POTENCIA DEL SISTEMA FV MAS BARATO ES EL kWp INSTALADO. VEAMOS EL EJEMPLO EN LA SIGUIENTE TABLA PARA COSTOS EN USD POR kWp PARA SISTEMA FV DE DISTINTAS POTENCIAS.

	1 kWp	10 kWp	30 kWp	100 kWp	500 kWp	1 MWp
CHILE	3530	2580	2340	2090	2040	1880
ALEMANIA	2210	2000	1940	1680	1470	1320

A NIVEL MUNDIAL EL COSTO EN PARQUES DE MAS DE 1 MW, EN DEPENDENCIA DEL PAIS, (EXCEPTUANDO AUSTRALIA) PUEDE DISMINUIR APROXIMADAMENTE DE UN 20% HASTA UN 50 %. HABRÍA QUE VER EN CUBA COMO SERÍA ESTE COMPORTAMIENTO.

NO OBSTANTE ESTAS DIFERENCIAS DE COSTOS ES SUMAMENTE IMPORTANTE EL DESARROLLO DE INSTALACIONES FV DEL LADO DEL CLIENTE (VER ARGUMENTOS EN OTRO TRABAJO).

DEL LADO DEL CLIENTE

RESIDENCIAL

PARA EL CASO RESIDENCIAL EL AUTOCONSUMO DEBE SER LA PRIORIDAD, SE HACE NECESARIO ESTABLECER EL MARCO REGULATORIO PARA CUANDO ESTE INYECTE ELECTRICIDAD FV A LA RED, YA SEA EN FIT (FEED IN TARIFF) O EN NET METERING.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FV DEPENDE FUERTEMENTE DE CADA PAÍS, POR EJEMPLO SI EL COSTO DEL kWh QUE SE PAGA POR LA FACTURA ELÉCTRICA ES ELEVADA, Y EL COSTO AL RESPECTO DEL kWh FV ES MENOR QUE LA DEL MIX, ENTONCES LE ES ATRACTIVO AL CLIENTE RESIDENCIAL FINANCIAR LA INSTALACION FV, COMO POR EJEMPLO SON LOS CASOS SIGUIENTES DE PAISES CON ALTOS COSTOS AL CLIENTE:

PAIS	USD / kWh
DINAMARCA	\$0.40
ALEMANIA	\$0.36
AUSTRALIA	\$0.30
ITALIA	\$0.28
JAPÓN	\$0.24
ESPAÑA	\$0.23

EN EL CASO DE CUBA EL CLIENTE RESIDENCIAL PAGA MUCHO MENOS DE LO QUE LE CUESTA AL PAIS LA GENERACIÓN DE CADA kWh, POR LO QUE EN UN ANÁLISIS DE POMOCIÓN DE LA FV EN EL SEGMENTO RESIDENCIAL POR COSTO FÓSIL EVITADO SERÍA INEVITABLE RECURRIR A FUERTES SUBVENCIONES EN LA ADQUISICION POR EL CLIENTE DE LOS SISTEMAS FV.

DE ACUERDO CON LA INFORMACIÓN OFICIAL EL COSTO PROMEDIO DEL kWh ENTREGADO ES DE UNOS 21 CENTAVOS DE CUC. POR OTRO LADO, DE ACUERDO CON NUESTROS CÁLCULOS EL FV COSTARÍA EN CUBA A 10 CENTAVOS O MENOS DE USD EL kWh, FV.

EN UN EJERCICIO UN TANTO TEÓRICO EN EL TIEMPO, PERO QUE OFRECE UNA REFERENCIA AL RESPECTO, VEAMOS EN LA SIGUIENTE TABLA, APROXIMADAMENTE LO POCO QUE PAGAN LOS CLIENTES EN CUBA POR NIVELES DE CONSUMO PARA DISTINTOS CAMBIOS DE LA MONEDA CUC-CUP: 24X1, 10X1, 5X1, 1X1. POR EJEMPLO PARA UN CAMBIO DE 24X1 LOS DE < 200 kWh/mes PAGAN MENOS DE UN CENT CUC POR kwh.

kWh /MES	CENTS MN	24X1 CENT CUC	FV CENT CUC	10X1 CENT CUC	FV	5X1 CENT CUC	FV CENT CUC	1X1 CENT CUC	FV CENT CUC
100	9	0.38		0.9		1.8		9	
150	16	0.67		1.6		3.2		16	10
200	22	0.92		2.2		4.4		22	10
250	30	1.25		3		6		30	10
300	38	1.59		3.8		7.6		38	10
350	54	2.25		5.4		10.8	10	54	10
500	92	3.84		9.2		18.4	10	92	10
1000	146	6.09		14.6	10	29.2	10	146	10
5000	269	11.25	10	26.9	10	53	10	269	10
> 5000	500	20.84	10	50	10	100	10	500	10

DE LA TABLA ANTERIOR SE DESPRENDE QUE EN LA MEDIDA QUE SE VAYA PRODUCIENDO UNA REAL EQUIPARACION DEL PESO CUBANO SE VA HACIENDO MAS ATRACTIVA LA FV PARA EL CLIENTE RESIDENCIAL, QUE NO ES LA SITUACIÓN REAL ACTUAL, POR LO QUE RECALCAMOS HABRÍA, EN EL CASO DE PROMOVER HOY LA



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



INSTALACIONES FV RESIDENCIALES, QUE ANALIZAR LA MAGNITUD DE LA SUBVENCION A REALIZAR VS EL COSTO FÓSIL EVITADO.



FV EN TECHO



EN TECHO MÁS GRANDE

IMPERMEABILIZACIÓN DE TECHOS Y CUBIERTAS

LAS EMPRESAS Y ORGANIZACIONES RELACIONADAS CON LA PARTE CONSTRUCTIVA DEBEN ESPECIALIZAR PERSONAS, GRUPOS O EN LAS FORMAS QUE ESTIMEN MÁS CONVENIENTE EL TEMA DE LAS INSTALACIONES EN TECHOS Y CUBIERTAS CON RELACIÓN A GARANTIZAR LA IMPERMEABILIZACIÓN, ES UNA TAREA INTERDISCIPLINARIA EN LA QUE ADemás DE LAS TECNOLOGÍAS DE IMPERMEABILIZACIÓN TAMBIÉN SE DEBE TENER CONOCIMIENTOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES FV. HAY NOTABLES AVANCES MUNDIALES EN ESTE SENTIDO.

DE ENTENDERSE ESTA NECESIDAD NUESTRO LABORATORIO DE INVESTIGACIONES FV INTEGRALES IMRE-UH Y SU CONSULTORÍA FV ESTÁN EN LA MEJOR DISPOSICIÓN DE CAPACITAR A LOS ESPECIALISTAS EN LA PARTE DE LOS CONOCIMIENTOS FV NECESARIOS A ESTOS EFECTOS.

EXISTEN EMPRESAS IMPERMEABILIZADORAS QUE OFERTAN SISTEMAS FV EN TECHOS Y CUBIERTAS, EN LA QUE EN REALIDAD EL ASPECTO FV ES UN VALOR AGREGADO QUE AUMENTA SENSIBLEMENTE LOS COSTOS. SUGERIMOS QUE ESTE ASPECTO SEA PARTE DE UN ENCADENAMIENTO NACIONAL CON VISTAS A GARANTIZAR LA CALIDAD Y LA DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS DE LAS INSTALACIONES EN TECHOS Y CUBIERTAS, SEAN INDUSTRIALES, COMERCIALES, RESIDENCIALES O SOCIALES.

INDUSTRIAL Y COMERCIAL

SI BIEN EL DESARROLLO FV MUNDIAL CONECTADO A RED COMENZÓ MAYORMENTE POR EL SECTOR RESIDENCIAL, EL COMERCIAL HA IDO EN AUMENTO Y POSTERIORMENTE EL INDUSTRIAL CON UN FUERTE DESARROLLO ACTUAL.

EN EL CASO DE CUBA EL CONSUMO NACIONAL DE ELECTRICIDAD ES APROXIMADAMENTE (EN EL 2013) PARA:

• RESIDENCIAL	7 733,5 GWh/año	47.7 %
• INDUSTRIAL	3 856,7	23.8 %
• OTROS	2 621,3	16.2 %
• INSUMOS UNE	1 041,6	6.4 %
• RESTO	944	5.8 %

EL INDUSTRIAL CONSTITUYE UN NADA DESPRECIABLE CERCANO A LA CUARTA PARTE DEL CONSUMO ELÉCTRICO NACIONAL, PERO COMO NECESIDAD DEL DESARROLLO ECONÓMICO DEL PAÍS DEBE AUMENTAR SUSTANCIAL Y PAULATINAMENTE HASTA EL AÑO 2030. SUPONGAMOS QUE PARA DICHO AÑO SE LOGREN 700 MW FV, ENTONCES LA GENERACIÓN ANUAL FV AL RESPECTO SERÍA DE



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



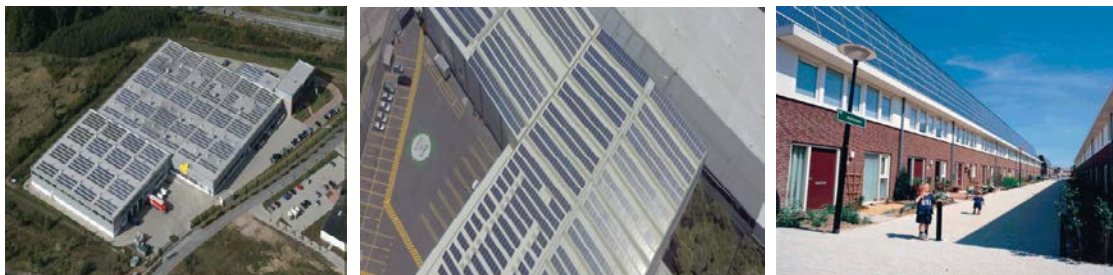
UNOS 953 GWh, REPARTIDO ENTRE TODOS LOS SECTORES MENCIONADOS, PERO DE LOGRARSE 2000 MW FV PARA EL 2030 SERÍAN 2720 LOS GWh FV GENERADOS EN EL AÑO REPARTIDO EN INDUSTRIAS, COMERCIOS, ENTIDADES SOCIALES DE TODO TIPO, DE CONSUMO PREFERENTEMENTE DIURNO CON UNA GRAN DOSIS DE AUTOCONSUMO, POR LO QUE LA INYECCION A RED SERÍA MUCHO MAS PEQUEÑA, LO QUE FAVORECE A UNA MEJOR CONSECUSSION DEL DESPACHO ELECTRICO PARA MANTENER INTELIGENTEMENTE LA ESTABILIDAD DE LA RED EN TENSION Y FRECUENCIA.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COSTO DEL SISTEMA FV, EL COMERCIAL SE COMPORTA ENTRE LOS COSTOS DE PARQUES Y LOS DEL RESIDENCIAL.

ELEMENTOS A FAVOR DE LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES SERÍAN

- PRIORIZAR AQUELLAS DE CONSUMO MAS BIEN DIURNO.
- CONTAR CON UNA ZONA INMEDIATA AL SUR ALEDAÑA A LAS EDIFICACIONES DE LA INDUSTRIA APROPIADO PARA LA INSTALACION FV,

LA PROTECCION CONTRA FUERTES VIENTOS HURACANADOS SERÍA NOTABLEMENTE GRANDE. LO QUE SIMPLIFICARÍA A SU VEZ LA ESTRUCTURA Y SU COSTO, ESTO ES VALIDO PARA LOS OTROS SECTORES PERO PROBABLEMENTE EN CANTIDADES MENORES.



INSTALACIONES FV EN CUBIERTAS DE FÁBRICA, TAMBIEN EN SUELO UBICARLOS AL SUR DE EDIFICIOS

TODOS LOS PUNTOS FV DE CONEXIÓN A RED CON SU CORRESPONDIENTE POTENCIA DEBEN TENER LA APROBACION EXPLICITA DE LA EMPRESA ELCTRICA.

HEMOS RECALCADO QUE MIENTRAS MAS DISTRIBUIDA SEA LA RED DE INSTALACIONES FV ES MUCHO MEJOR EL COMPORTAMIENTO TANTO PARA LA DISMINUCION DE PERDIDAS POR TRANSMISION Y DISTRIBUCION COMO PARA LA ESTABILIZACION DE LAS FLUCTUACIONES DE TENSION Y FRECUENCIA. LA DISTRIBUCIÓN DEBE DARSE ENTRE PARQUES Y TODOS LOS SECTORES DEL LADO DEL CLIENTE. LA RESIDENCIAL TIENE A SU FAVOR QUE PUEDE SER LA MÁS DISTRIBUIDA, PERO EL APOORTE DE MAYOR POTENCIA ELECTRICA INYECTADA A LA RED ESTA EN PARQUES Y GRANDES INSTALACIONES FV INDUSTRIALES. POR EJEMPLO, EN UN FUTURO LEJANO SUPONGAMOS QUE LLEGUEMOS A TENER UNA GRAN RED FV DISTRIBUIDA POR TODO EL PAÍS, DONDE EL PROMEDIO PARA LOS PARQUES Y MAYORES INSTALACIONES EN POTENCIA SEA DE 12 MW POR INSTALACION (RECALCAMOS QUE ES PROMEDIO) Y QUE EL PROMEDIO PARA EL RESIDENCIAL Y OTROS MAS PEQUEÑOS SEA DE 6 kW ENTONCES POR CADA PARQUE CONECTADO A RED HABRÁN 2000 PUNTOS DE CONEXIÓN A RED RESIDENCIAL O MAS PEQUEÑOS. CADA UNA DE ESTAS DOS ARISTAS TIENE SUS BONDADES.

POR TODO LO ANTERIORMENTE EXPUESTO CONCLUIMOS QUE TODOS LOS SECTORES, TANTO EN PARQUES COMO LOS DEL LADO DEL CLIENTE (INDUSTRIAL, COMERCIAL, RESIDENCIAL, SOCIAL) SON IMPORTANTES, PERO ES NECESARIO ANALIZAR LA SITUACION EN CADA PAIS PARA ESTABLECER UNA RUTA CRITICA DE



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



DESARROLLO DE ACUERDO CON LA RÁPIDA EVOLUCIÓN QUE HA TENIDO LA FV. EN ESTE SENTIDO ES MUY CORRECTO EL DESARROLLO DE INSTALACIONES DE PARQUES FV LO MAS DISTRIBUIDO GEOGRAFICAMENTE Y CERCA DE LS CONSUMOS POSIBLES,

HEMOS INSISTIDO EN PRIORIZAR EL SECTOR INDUSTRIAL, QUE PUEDE EN MAYOR MEDIDA CONTRIBUIR AL FINANCIAMIENTO DE LAS INSTALACIONES FV (VER LOS OTROS TRABAJOS QUE LA CONSULTORIA HA ELABORADO AL RESPECTO). LAS POTENCIAS PUEDEN ESTAR EN UN AMPLIO RANGO, DEL ORDEN DE LOS PARQUES FV PERO TAMBIEN ALGO MENORES (COMO DE UNOS 100 kWp EN ADELANTE). PARA EL PAIS EN ESTE SECTOR SE NECESITA DE MÁS ENERGIA, QUE DE PRIORIZARSE EN GENERACION DIURNA, PUEDE CONTRIBUIR A UNA CURVA DE CARGA MAS EXTENDIDA EN HORAS DE SOL. LE SIGUEN LAS INSTALACIONES COMERCIALES Y SOCIALES TAMBIEN MAS BIEN DE CONSUMO DIURNO, EN LOS QUE LAS POTENCIAS NECESARIAS CONTINUAN DISMINUYENDO. PARA TODOS ESTOS SECTORES LAS INSTALACIONES PUEDEN SER TANTO EN TECHOS, CUBIERTAS Y SUELOS DE DIVERSAS DIMENSIONES,

NO SE DEBEN PLANTEAR CAMISAS DE FUERZAS AL RESPECTO, EL CARÁCTER MODULAR DE LA FV ES UNA DE SUS GRANDES FORTALEZAS QUE HAY QUE APROVECHAR.

PARA EL RESIDENCIAL LAS POTENCIAS DE CADA INSTALACION SON LAS MAS PEQUEÑAS, POR ELLO SON LAS MAS CARAS POR Wp. PRACTICAMENTE TODAS EN TECHOS, PARA SU PROMOCIÓN HABRÍA QUE RESOLVER PRIMERO LA MOTIVACION DEL CLIENTE PARA ACOMETER ECONOMICAMENTE LA INSTALACION. Y EL MONTO DE LAS SUBVENCIONES QUE POR PARTE DEL ESTADO SE PODRÍA AFRONTAR.

SIN DUDAS QUE PARA LOS PARQUES FV, PARA LOS SECTORES INDUSTRIAL Y COMERCIAL *ES MAS FACTIBLE PROMOVER EL ENTENDEIMIENTO DE LA NECESIDAD DEL APOORTE FV A LA SUSTITUCION DE GENERACION ELECTRICA EN UN MARCO DE MEDIANO Y LARGO PLAZO, DE HACE NECESARIAMENTE ACOMETER DESDE AHORA EN BASE AL COSTO FÓSIL EVITADO.*

PENETRACIÓN E INTEGRACIÓN FV EN CUBA.

EL APOORTE A LA RED EN % DE GENERACIÓN ELÉCTRICA FV CON RELACIÓN A LA TOTAL ENTRE TODAS LAS FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA TIENE UN LÍMITE DEBIDO FUNDAMENTALMENTE A SU DEPENDENCIA CLIMATOLÓGICA Y A QUE SOLO GENERA DURANTE EL DÍA, QUE DEFINE UN NIVEL MÁXIMO EN % DE PENETRACIÓN E INTEGRACIÓN FV EN TÉRMINOS DE POTENCIA Y DE ENERGÍA ELÉCTRICA, PARA PODER MANTENER LA ESTABILIDAD DE LA RED EN TÉRMINOS DE TENSIÓN Y FRECUENCIA. VEAMOS **¿QUE HACER A CORTO, MEDIANO, Y LARGO PLAZO?** PARA AUMENTAR LA PENETRACIÓN FV.

CORTO PLAZO

1.- GENERACIÓN ELÉCTRICA DESDE LOS BORDES DE LA RED.

AUMENTAR LA GENERACIÓN ELÉCTRICA FV QUE SE INYECTA DESDE LOS BORDES DE LA RED EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN DE TAL FORMA QUE SE CONSUMA MÁS A NIVEL DE DISTRIBUCIÓN EN TODO UNA ZONA, BARRIO, MUNICIPIO, PUEBLO Y SE INYECTE MENOS A LA TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ

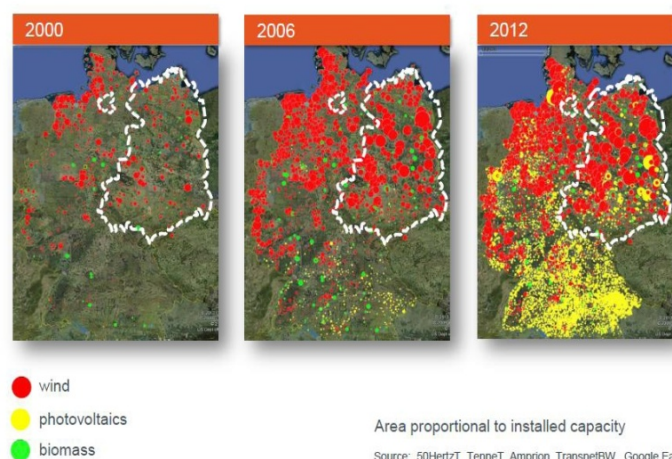


2.- GENERACIÓN DISTRIBUIDA BIEN DISPERSA.

AUMENTAR EL NÚMERO DE INSTALACIONES FV DISPERSAS Y DISTRIBUIDAS POR REGIONES INTELIGENTEMENTE. LAS VARIACIONES DE POTENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA SE APLANAN MOTIVADO POR LA PROMEDIACIÓN ESTADÍSTICA DE LAS FLUCTUACIONES DE RADIACIÓN SOLAR POR TODO EL TERRITORIO. EJEMPLO: EN ALEMANIA EL VIENTO FUERTE ESTA AL NORTE Y LA RADIACION SOLAR PROMEDIO EN EL SUR (NORTE UNOS 800 Y MUY AL SUR 1200 kWh/m²/año). MIENTRAS QUE EN CUBA ESTA MUY REPARTIDA CON UN PROMEDIO DE 1825 kWh/m²/año. A LO, LARGO DE LA ISLA.



Development of RES in Germany



10 / 20

NOTESE EN LA IMAGEN LA DISTRIBUCIÓN EN 2012 (EN COLOR AMARILLO) CON MÁS DE UN MILLÓN 500 MIL SISTEMAS FV CONECTADOS A RED, HOY ALEMANIA TIENE UNOS 40 000 MWp. INSTALADOS.

3.- PRIORIZAR LUGARES DE MAYOR CONSUMO DIURNO.

PROMOVER LAS INSTALACIONES “FV DEL LADO DEL CLIENTE”. DE CONSUMO MAYORMENTE DIURNO. ADEMÁS DE FÁBRICAS, FRIGORÍFICOS, ETC. ESTÁN: HOTELES, ESCUELAS, HOSPITALES, UNIVERSIDADES, BANCOS, EMPRESAS, CENTROS DE INVESTIGACIONES, MINISTERIOS, COMERCIOS, COOPERATIVAS, CUENTAPROPISTAS, ENTRE OTROS. LO QUE TRIBUTA A UN MEJOR PERFIL DE CONSUMO DE LA CURVA DE CARGA.



4.- UTILIZAR AL MÁXIMO EL AUTOCONSUMO FV.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



CONSUMIR EL MÁXIMO POSIBLE COMO AUTOCONSUMO ELÉCTRICO MAS BIEN EN GRANDES CLIENTES Y QUE UNA PARTE MENOR TRIBUTE AL RESTO DE LA RED. ESTA OPCION ES NOTABLEMENTE UTILIZADA, SOBRE TODO EN INDUSTRIAS. LA MENOR INYECCIÓN A LA RED TRIBUTA A UN % MENOR DE LA FV EN LA RED. POR OTRO LADO LAS INDUSTRIAS PUEDEN PARTICIPAR EN EL FINANCIAMIENTO DEL SISTEMA FV

5.- EN SITIOS DE SOLO INYECCIÓN, PARQUES FV.

INYECTAR A LA RED (SIN AUTOCONSUMO) LO MAS CERCA DE LOS LUGARES DE CONSUMO. SE TRATA FUNDAMENTALMENTE DE LOS PARQUES QUE SE INSTALAN O SE CONTRATAN POR PARTE DE LAS EMPRESAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA, COMO LA UNE, EN UN RANGO DE POTENCIA MUY AMPLIO, CASI SIEMPRE MAYOR A UN MWp QUE PUEDE LLEGAR A CIENTOS DE MW. EN PEQUEÑOS PARQUES SE INYECTA POR LO GENERAL A MEDIA TENSIÓN. PARA PARQUES DE CIENTOS DE MW SE INYECTA A TRANSMISIÓN (ALTERNATIVA PARA UN FUTURO NO CERCANO AUN EN CUBA)



6.- EXPLOTAR AL MÁXIMO LA ACUMULACIÓN NATURAL (BOMBEO DE AGUA).

PRIORIZAR INSTALACIONES DE ACUMULACIÓN NATURAL. EL BOMBEO DE AGUA CON MOTORES ELÉCTRICOS REPRESENTA UNA ACUMULACIÓN NATURAL YA QUE SE PUEDE PRIORIZAR EL BOMBEO EN HORAS DE SOL Y UTILIZARLA LAS 24 HORAS , COMO SON LOS CASOS DE ACUEDUCTOS, TRASVASES, RIEGO, CISTERNAS DE EDIFICIOS, ENTRE OTROS. ACUEDUCTOS EN CUBA: 3019 EQUIPOS DE BOMBEO. ES OTRO APOORTE AL AUMENTO DEL CONSUMO DE LA CURVA DE CARGA EN HORAS DIURNAS. POR EJEMPLO LOS ACUEDUCTOS EN CUBA CONSUMEN 667 GWH /AÑO, LO QUE PODRÍA PERMITIR VARIOS CIENTOS DE INSTALACIONES FV SOLO CON ESTE FIN.



BOMBAS DE AGUA

7.- EXPLOTAR AL MÁXIMO LA CORRESPONDENCIA CARGA-RADIACIÓN.

PRIORIZAR LAS INSTALACIONES DE CORRESPONDENCIA CARGA - RADIACIÓN (CLIMATIZACIÓN PARA AUMENTAR EL CONSUMO EN HORAS DIURNAS. A MÁS SOL, MÁS CALOR, LOS COMPRESORES DE TODOS LOS DISTINTOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN TRABAJAN CON MÁS FRECUENCIA EN HORARIO DIURNO, COMO SON: FRIGORÍFICOS, CLIMATIZACIÓN, REFRIGERADORES COMERCIALES ETC.



COMPRESORES



FRIGORIFICO



REFRIGERACION COMERCIAL



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



8.- AUMENTAR EL DESARROLLO EN INDUSTRIAS DE LABORES DIURNAS.

UTILIZAR LA FV PARA AUMENTAR SENSIBLEMENTE EL DESARROLLO INDUSTRIAL Y AGROPECUARIO DEL PAÍS, ELEMENTO SUMAMENTE IMPORTANTE AL PRIORIZAR FÁBRICAS E INSTALACIONES DE TODO TIPO QUE CONSUMAN ELECTRICIDAD FUNDAMENTALMENTE EN HORARIO DIURNO, LO QUE TIENDE A "SUBIR" EN FORMA ÚTIL LA CURVA DE CARGA EN HORAS DIURNAS.



MEDIANO PLAZO

AUTOCONSUMO EN SIDERURGIA

9.- MODERNIZAR EL ESTADO DE LA RED.

EL AUMENTO DE LA PENETRACIÓN NECESITA DE UNA RED ELÉCTRICA DE MAYOR CONFIABILIDAD Y FUNCIONAMIENTO.



10.- UTILIZAR AHORRADORES DIESEL ELECTRÓGENOS – FV

LOS ELECTRÓGENOS DIESEL SON MUY CAROS PERO CUANDO SE UTILIZAN EN SISTEMAS HÍBRIDOS CON FV (DIESEL SAVERS) EL COSTO DEL kWh DISMINUYE NOTABLEMENTE Y EL SISTEMA SE AMORTIZA EN POCOS AÑOS.



11.- COMBINAR LA FV CON OTRAS FRE. (EÓLICA, HIDRO, BIOELÉCTRICAS). PARA "LLENAR" LOS HUECOS CON OTRAS FRE QUE POR INTERMITENCIA NO SUPLE LA FV, SOBRE TODO DEL PICO FATAL.



12.- INTRODUCIR AL MÁXIMO LA AUTOMATIZACIÓN.

INTRODUCIR AL MÁXIMO LA AUTOMATIZACIÓN HASTA NIVEL DE DISTRIBUCIÓN, PARA



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ

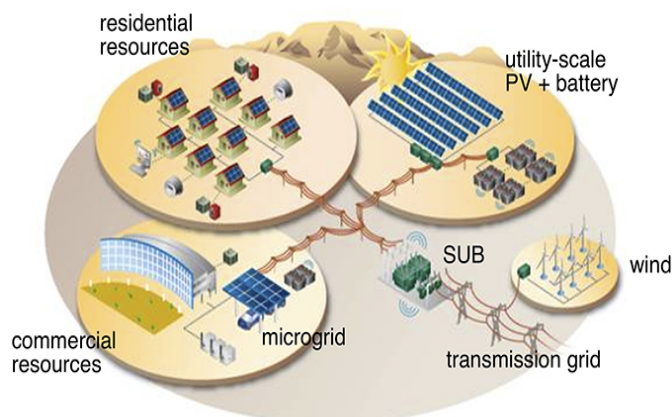


LO CUAL EL DESPACHO ELÉCTRICO Y LAS RED DEBEN PREPARARSE, YA QUE EL NUMERO DE SITIOS FV GENERADORES CONECTADOS A LA RED AUMENTARÁN INPYABLEMENTE CON EL TIEMPO.



13.- INCLUIR POSIBILIDADES DE PROYECTAR MICRO REDES.

DESARROLLAR MICRO REDES INTELIGENTES QUE TRIBUTAN A UNA CIERTA REGIÓN DEL PAÍS, SIN LA NECESIDAD DE APORTAR ELECTRICIDAD A UNA RED CENTRAL. EL ANÁLISIS CASUÍSTICO DE LAS POSIBILIDADES DE LAS MICRORREDES INTELIGENTES PUEDE APORTAR UN IMPORTANTE INCREMENTO DE LA PENETRACIÓN GLOBAL DEL PAÍS.



14;- TENDER A CONVERTIR EL SEN EN RED INTELIGENTE.

JUNTO CON LAS PLANTAS DE ALTA FLEXIBILIDAD DE GENERACIÓN (SMART GENERATION), ESTE ES UNO DE LOS ELEMENTOS CLAVES PARA AUMENTAR EL ESCALAMIENTO DE LAS FRE EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA, POR EL CARÁCTER DISTRIBUIDO QUE VA ADQUIRIENDO DICHA GENERACIÓN, ESO COMPLICA LA GESTIÓN DE RED YA QUE SE HACE NECESARIO MANTENER LA ESTABILIDAD (TENSIÓN Y FRECUENCIA) DE LA RED PARA GRAN NUMERO (CIENTOS, MILES Y CIENTOS DE MILES) DE SITIOS INYECTANDO A LA RED, POR LO QUE SE HACE NECESARIO QUE SE TIENDA A LA AUTOMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN ELÉCTRICA A NIVEL DE DISTRIBUCIÓN DE LA RED EN FORMA "INTELIGENTE". ESTAS REDES DE NUEVO TIPO COMIENZAN A DESARROLLARSE EN VARIOS PAÍSES.



ESQUEMA DE RED INTELIGENTE

15.- INTRODUCIR "GENERACIÓN INTELIGENTE" DE PLANTAS FLEXIBLES.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



INSTALAR NUEVAS PLANTAS FLEXIBLES DE COMBUSTIBLES FÓSILES (SMART GENERATION), PARA AUMENTAR LA PENETRACIÓN FV Y EÓLICA. HOY EXISTEN DE CIENTOS DE MW QUE ARRANCAN EN 5 SEG. Y A PLENA CAPACIDAD EN 5 MIN.



PLANTA FLEXIBLE DE HOY

16.- MITIGAR FLUCTUACIONES DE LA RED VÍA INVERSORES.

UTILIZAR INVERSORES FV PARA MITIGAR LAS FLUCTUACIONES DE TENSIÓN Y FRECUENCIA DE LA RED, DEBIDO A SUS POSIBILIDADES, CADA VEZ MAYORES DE PARTICIPAR EN LA GESTIÓN DEL DESPACHO AUTOMATIZADO DE LA RED ELÉCTRICA, COMO POR EJEMPLO EL SUMINISTRO DE POTENCIA REACTIVA POR SU CAPACIDAD DE CAMBIAR EL ANGULO DEL FACTOR DE POTENCIA.



INVERSOR DE > 1 MW

17.- DESARROLLAR EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

ACTUALMENTE SE INVESTIGA Y DESARROLLAN DIVERSOS TIPOS DE SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, AÚN ALGO CAROS PERO PAULATINAMENTE SUS COSTOS CONTINUÁN DISMINUYENDO. ESTOS SISTEMAS PARTICIPARAN EN FORMA CRECIENTE EN LA ACUMULACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, QUE IRÁ PARALELAMENTE RESOLVIENDO EL CARÁCTER INTERMITENTE DE LA FV. ESTE MERCADO DE SISTEMAS DE ACUMULACIÓN PARA SFV FUE DE 3,2 MW EN EL AÑO 2012 MIENTRAS QUE PRONOSTICO DE ESTE MERCADO SERÁ DE 2700 MW PARA EL AÑO 2017, QUE REPRESENTA UN CRECIMIENTO DE UNAS 700 VECES EN 5 AÑOS.



BATERIAS DE ION LITIO



DE >1 MW

LARGO PLAZO

18.- DISMINUIR CONSUMOS, DESPILFARROS EN HORAS VESPERTINAS NOCTURNAS. AJUSTAR LAS TARIFAS EN HORAS DE PICO “FATAL”.

ES UN TEMA QUE TIENE MUCHAS ARISTAS, ADEMÁS DEL DESPILFARRO QUE EN FORMA CONTINUA DESDE HACE MUCHO TIEMPO SE COMBATE, TIENE QUE VER TAMBIÉN CON LA EXTENSA TEMÁTICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, LA QUE DEBE PROFUNDIZARSE EN LOS HORARIOS DEL PICO VESPERTINO NOCTURNO, SIN TRATAR DE AGOTAR EL TEMA SE PUEDEN TOMAR MAS MEDIDAS, COMO POR EJEMPLO: DIFERENCIAR LA TARIFA ELÉCTRICA DURANTE LAS HORAS DEL DÍA, PONIENDO EL MAS CARO DURANTE LAS HORAS DEL PICO “FATAL”, EVITAR TODO TIPO DE REUNIONES U OTRAS ACTIVIDADES QUE SE PUEDAN HACER DIURNAS A



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



NIVEL NACIONAL, SOBRE TODO CON UTILIZACIÓN DE CLIMATIZACIONES, HACER RUTAS CRÍTICAS DE LAS PRODUCCIONES QUE DIMINUYAN EL CONSUMO DURANTE DICHAS HORAS, ENTRE OTRAS MEDIDAS. EN UN FUTURO ESTO DEBE REVERTIRSE COMO EN PAÍSES DONDE LA TARIFA DIURNA ES MAS CARA Y EL PICO ES DIURNO EXTENSO, DE ACUERDO CON UN MAYOR DESARROLLO ECONÓMICO

19.- GRANDES PLANTAS FV INYECTANDO A TRANSMISIÓN.

APROVECHAR EL “PASO DEL SOL” POR LA ISLA, DE ESTE A OESTE. INSTALANDO EN LUGARES PRECISOS PLANTAS DE > POTENCIAS.

20.- INTERCONEXIONES ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN SUBMARINA

HOY ES UNA REALIDAD LA TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD POR CABLES SUBMARINOS DE HVDC (HIGH VOLTAGE DIRECT CURRENT). PARA CUBA ES UNA POSIBILIDAD AUN A MAS LARGO PLAZO, PERO QUE EN ALGÚN MOMENTO SE PUEDE MATERIALIZAR. POR EJEMPLO EN EUROPA HAY MAS DE 20 CONEXIONES ENTRE PAÍSES, ALGUNOS DE VARIOS CIENTOS DE KM. Y CONTINUÁN NUEVOS PROYECTOS.



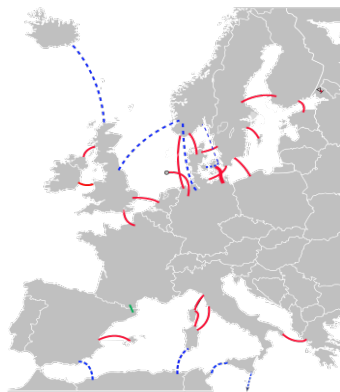
CONVERSION DC-AC ALTA TENSIÓN



BARCO DE CABLE SUBMARINO



CABLE SUBMARINO



CABLES SUBMARINOS EN EUROPA



INTERCONEXIONES A MUY LARGO PLAZO

LA PARTE ILUMINADA POR EL SOL LE DARÁ ELECTRICIDAD FV A LA PARTE OSCURA.

OTRA POSIBILIDAD FUTURA ES POR CAPTACION DE LA RADIACIÓN SOLAR DESDE SATÉLITES GEOESTACIONARIOS CON SOL LAS 24 HORAS A > 10 MIL kWh/m²/año.

EL PRONÓSTICO ES QUE EL kWh FV ESTARÁ EN UNOS 3 CENT. USD DENTRO DE 40 AÑOS

¿POR QUÉ ANALIZAR A TAN LARGO PLAZO?

LINEAMIENTO # 116 “LAS INVERSIONES FUNDAMENTALES A REALIZAR RESPONDERÁN A LA ESTRATEGIA DE DESARROLLO DEL PAÍS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZOS, ERRADICANDO LA ESPONTANEIDAD, LA IMPROVISACIÓN, LA SUPERFICIALIDAD,..... Y LA CARENCIA DE INTEGRALIDAD AL EMPRENDER UNA INVERSIÓN”.

TODO LO ANTERIOR TRIBUTA AL RETO DE IR CAMBIANDO, A LARGO PLAZO, EN FORMA PAULATINA LA CURVA DE CARGA EN CUBA.

LA CURVA DE CARGA ACTUAL DE CUBA ES MUY ADVERSA INCLUYENDO EL HECHO QUE TAMBIÉN ATENTA FUERTEMENTE PARA AUMENTAR ESTRATÉGICAMENTE LAS



INSTALACIONES FV. A DIFERENCIA DE OTROS MUCHOS PAÍSES EN LOS QUE EXISTE UN PICO DIURNO EXTENSO, DURANTE EL CUAL EL COSTO DIURNO DEL KWH DEL MIX ES MÁS CARO. LOGRAR LA META DE IR CAMBIANDO EL PERFIL DE LA CURVA DE CARGA DA LA POSIBILIDAD DE IR AUMENTANDO LA PENETRACIÓN FV.

EL RECICLAJE EN EL COSTO TOTAL FV

AL FINAL DE LA VIDA UTIL SE PUEDE "RECUPERAR":

- UNA BUENA PARTE DE MATERIAL SEMICONDUCTOR, POR EJEMPLO EL SILICIO,
- EL VIDRIO,
- METALES FERROSOS Y NO FERROSOS UTILIZADOS EN DICHOS MÓDULOS.
- LOS MARCOS DE ALUMINIO DEL MÓDULO,
- LAS CAJAS DE CONEXIÓN QUE SON DESMANTELADOS MANUALMENTE.
- LA NO REPETICIÓN DE MOVIMIENTO DE TIERRA.
- REUTILIZACIÓN DE ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA (CERCAS, CAMINOS, ETC),
- UTILIZACIÓN DE LA PROPIA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE O EN SU DEFECTO CONVERTIRLA EN CHATARRA COMERCIAL,
- POSIBLE REUTILIZACIÓN DE LAS FIJACIONES AL SUELO O CUBIERTA.

POR EJEMPLO, AL COMIENZO DEL PROCESO. EL PANEL SE TRITURA Y LAS DIFERENTES FRACCIONES SE SEPARAN - VIDRIO, PLÁSTICOS Y METALES. ES POSIBLE RECUPERAR MÁS DE 80% DEL PESO ENTRANTE, POR EJEMPLO, EL CRISTAL MIXTO EXTRAÍDO ES FÁCILMENTE ACEPTADO POR LA INDUSTRIA DE LA ESPUMA DE VIDRIO, EL AISLAMIENTO. ESTE PROCESO PUEDE SER REALIZADO POR LOS RECICLADORES DE VIDRIO PLANO YA QUE LA MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO ES SIMILAR AL CRISTAL PLANO UTILIZADO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL AUTOMÓVIL.

ESTOS Y OTROS ASPECTOS TRIBUTAN A UN VALOR RESIDUAL DE LOS SISTEMAS FV AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL QUE HASTA AHORA NO SON TENIDOS EN CUENTA COMO DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS FV.

SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL ACTUAL.

LA CELDA FV

EL SILICIO SE HA IMPUESTO COMO EL MATERIAL SEMICONDUCTOR DE LAS CELDAS FV. EL COSTO DE SILICIO DE ALTA PUREZA (>99.999999%) LLEGÓ A ESTAR POR ENCIMA DE LOS 400 USD/kg EN EL 2008, HOY ESTÁ EN <16 USD/kg.

EN LA TABLA SIGUIENTE SE MUESTRA LA EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR TIPOS DE CELDAS DONDE SE DENOTA EL PREDOMINIO DE LAS CELDAS DE SILICIO CRISTALINO (SI-C), MONO Y MULTI (POLI).

PRODUCCIÓN EN % POR TIPO DE CELDAS

SI-C	1999	2009	2014
SILICIO MONO	37.4 %	34.1 %	29.8 %
SILICIO MLTI	42.1 %	46.9 %	62.0 %
TOTA SI-C	79.5 %	81.0 %	91.8 %

CdTe (cadmio telurio)	0.5 %	9.0 %	3.9 %
CuInSeGa	0.2 %	1.7 %	1.9 %
Si/a	12.3 %	6.1 %	1.9 %
TOTAL capas delgadas	13 %	16.8 %	7.7 %

CdTe - cadmio telurio, CuInSeGa-cobre indio selenio galio, Si/a-silicio amorfo

TOTAL	92.5 %	97.8 %	99.5 %
-------	--------	--------	--------



CONSULTORIA FV
 PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



NOTESE QUE LAS CELDAS DE SI-C CONSTITUYEN ACTUALMENTE UN 92 % DE LA PRODUCCIÓN, QUE SOLAMENTE UN 0.5 % SON DE OTROS TIPOS DE CELDAS Y LA GRAN DISMINUCIÓN PORCENTUAL DE LAS DE SI-a.

PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS LA PRODUCCIÓN AUMENTARÁ NOTABLEMENTE Y LA RELACION PORCENTUAL DEL 92 % A FAVOR DEL Si-c SE MANTENDRÁ APROXIMADAMENTE, CON TENDENCIA INCLUSIVE A AUMENTAR.

LAS EFICIENCIAS PARA LAS CELDAS DE SI-C MULTI AUMENTARÁN EN LOS PRÓXIMOS AÑOS. HACIA EL 2018 ESTARÁN EN ALREDEDOR DE UN 19 % , MIENTRAS QUE PARA EL SI-C (MONO) EN UN 22 %.

LOS MÓDULOS (PANELES) FV.

EVIDENTEMENTE EL PREDOMINIO DEL SI-C SE EXTIENDE A LOS MÓDULOS. EL COSTO PROMEDIO HA DISMINUIDO NOTABLEMENTE

AÑO	1975	1980	1990	2000	2010	2015
USD/Wp	\$70.00	\$30.00	\$8.70	\$ 4.80	\$1.90	\$ 0.55*

* junio 2015

EL COSTO POR Wp DE LAS CELDAS DE CAPAS DELGADAS (CdTe, CISG, SI-a) DURANTE AÑOS HA ESTADO POR DEBAJO DE LAS DE SI-C, PERO HOY EL PROMEDIO DEL COSTO DEL Wp DEL MÓDULO MULTICRISTALINO CUESTA UNOS 4 CENTS DE USD/Wp MENOS QUE EL DEL PROMEDIO CAPAS DELGADAS,

HACIA EL 2018 LAS EFICIENCIAS DE LOS MÓDULOS ESTARÁN EN ALREDEDOR DE UN 19 % Y PARA EL SI-C MULTI Y DE UN 22 % PARA EL SI-C MONO, CON EL CONSEGUENTE AHORRO DE AREA Y DE ESTRUCTURA SOPORTE.

CHINA ES EL LIDER INDISCUTIBLE DE LAS PRODUCCIONES FV, SOLO SUPERADA EN LA PRODUCCIÓN DE SILICIO DE ALTA PUREZA Y DE INVERSORES, EN LAS QUE INCLUSIVE ESTA TENIENDO UN GRAN AUJE, CON LA POSIBILIDAD DE QUE SE CONVIERTA EN POCOS AÑOS TAMBIÉN EN MAYOR PRODUCTOR DE AMBAS.

CHINA POSEE MÁS DEL 60 % DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE MODULOS FV.

PRIMEROS PRODUCTORES DE MODULOS FV EN 2014

	PAÍS	EMPRESA	MW
1	CHINA	TRINA	3600
2	CHINA	YINGLI	3300
3	CHINA	JINKO	2900
4	CHINA	CSI	2700
5	CHINA	JA SOLAR	2400
6	CHINA	RENE SOLAR	2300
7	JAPÓN	SHARP	1900
8	EEUU	FIRST SOLAR.	1800
9	CHINA	HANHWA	1400
10	CHINA	WUXI SUNTECH	1300
10	JAPÓN	SPKYOCERA	1300
10	EEUU	SUNPOWER	1300

LAS PRIMERS 6 SON CHINAS

INSTALACIÓN FV MUNDIAL ANUAL EN MW

AÑO	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2014
MW	328	578	1429	2528	7438	29906	36876	45000

ENTRE EL 2001 Y EL 2014 LA INSTALACION FV POR AÑO CRECIÓ 137 VECES

INSTALACIÓN FV MUNDIAL ACUMULADA EN MW



CONSULTORIA FV
 PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



AÑO	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2014
MW	1700	2800	5300	9400	23000	70000	139 000	184000

ENTRE EL 2001 Y EL 2014 LA INSTALACION FV POR AÑO CRECIÓ 105 VECES

DESCOMUNAL CRECIMIENTO ANUAL MUNDIAL EN ULTIMOS 15 AÑOS > 40 % COMO PROMEDIO.

INSTALACIÓN FV ACUMULADA POR PAÍSES EN MW

	PAIS	MW		PAIS	MW
1	ALEMANIA	38 200	16	TAILANDIA	1 300
2	CHINA	28 200	17	RUMANIA	1 200
3	JAPON	23 300	18	HOLANDA	1 100
4	ITALIA	18 500	19	SUIZA	1 050
5	EEUU	18 300	20	BULGARIA	1 000
6	FRANCIA	5 600	21	SURAFRICA	900
7	REINO UNIDO	5 100	22	TAIWAN	800
8	ESPAÑA	5 000	23	ISRAEL	700
9	AUSTRALIA	4 100	24	DINAMARCA	600
10	BELGICA	3 100	25	UCRANIA	600
11	INDIA	3 000	26	AUSTRIA	600
12	GRECIA	2 600	27	ESLOVAQUIA	530
13	SUR COREA	2 400	28	CHILE	402
14	REP. CHECA	2 100	29	PORTUGAL	400
15	CANADA	1 700	30	ESLOVENIA	250

EN LOS PRIMEROS PAISES EUROPA UBICA 18 PAISES, ASIA Y OCEANIA 8, EEUU-CANADA 2, AFICA 1, AMERICA LATINA –CARIBE 1.

ALEMANIA, CHINA, JAPON, ITALIA Y EEUU POSEEN (DIC 2014) EL 70 % DE LAS INSTALACIONES FV MUNDIALES.

BELGICA, GRECIA Y EP CHECA SON PAISES CON UN NUMERO SIMILAR DE HABITANTES QUE CUBA Y CADA UNO TIENE MAS DE 2000 MW F INSTALADOS HOY, COMPARA CON LOS 2000 MW QUE PROPONEMOS LOGRAREN CUBA PARA EL 2030. SE ADUCE QUE ES DEBIDO A QUE ESTAN INTERCONECTADOS, ASPECTO MUY POSITIVO, PERO QUE NO PARECE SER CONVINCENTE YA QUE HAY PAISES COMO AUSTRALIA Y JAPON QUE NO ESTAN INTERCONECTADOS, PERO ADEMÁS, TAL COMO VIMOS EN UN FUTURO CUBA TAMBIEN PODRA INTERCONECTARSE POR CABLE DE CD SUBMARINA.

PRONÓSTICO DE PRIMEROS PAÍSES EN INSTALACIONES FV EN PROXIMOS 5 AÑOS, ENTRE 2015-2019

	PAIS	2015-2019 MW
1	CHINA	84 000
2	JAPON	45 000
3	EEUU	40 000
4	REINO UNIDO	20 000
5	ALEMANIA	14 000
6	INDIA	13 000
7	ITALIA	7 500
8	SURAFRICA	7 500
9	CANADA	7 000
10	AUSTRALIA	6 500
11	FRANCIA	5 000

**CONSULTORIA FV**

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
 MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
 DRA. C. LIDICE VAILLANT
 ING RENE DIAZ



12	CHILE	4 000
13	TAILANDIA	3 000
14	HOLANDA	3 000

PRONÓSTICO DE PRIMEROS PAÍSES EN INSTALACIONES FV ACUMULADAS PARA EL AÑO 2019

	PAIS	2015-2019 MW
1	CHINA	112 000
2	JAPON	68 300
3	EEUU	58 300
4	ALEMANIA	52 200
5	ITALIA	26 000
6	REINO UNIDO	25 100
7	INDIA	16 000
8	AUSTRALIA	10 600
9	FRANCIA	10 600
10	CANADA	8 700
11	SURAFRICA	8 400
12	ESPAÑA	6 000
13	CHILE	4 400
12	TAILANDIA	4 300

PRONOSTICO DE INSTALACIONES FV EN 2019 POR REGIONES

REGION	MW	%
ASIA	242 000	50
EUROPA	156 000	32
EEUU-CANADA	70 000	14
AFRICA	10 000	2
AMERICA LATINA-CARIBE	8 000	1.5
MEDIO ORIENTE	4 000	0.7
TOTAL	490 000	100

EL PRONÓSTICO DE INSTALACIONES FV PASAN DE 184 000 MW EN 2014 A UNOS 490 000 MW PARA EL 2019.

AMÉRICA LÁTINA Y EL CARIBE (AL-C)

AUNQUE POR RAZONES EXPLICABLES ES CONTRADICTORIO QUE LAS REGIONES QUE CUENTAN CON MAYOR RADIACIÓN SOLAR (AL-C, AFRICA, MEDIO ORIENTE) SEAN LAS QUE, POR UN AMPLIO MARGEN, CUENTEN CON MENOS INSTALACIONES FV.

POR EJEMPLO EN EL CASO DE AL-C, 34 PAISES (INCUYENDO PUERTO RICO) TENÍA APROXIMADAMENTE LAS SIGUIENTES INSTALACIONES FV VS MUNDIAL EN MW:

	AL-C		MUNDIAL
	MW	%	MW
2013	200	0.15	138 000
2014	402	0.22	184 000
2019 (PRONOSTICO)	8000	1.6	490 000

SE NOTA UN EVOLUCIÓN AL INCREMENTO, PERO AUN EXTREMADAMENTE MODESTO, SOLO CHILE HA DADO UN SALTO A PARTIR DEL 2014.

AL-C PUEDEN DESARROLLAR UN AMBICIOSO DSARROLLO FV DELOGRAR UNA SINERGIA DE COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LOS PAISES DE LA REGIÓN.



SOBRE UNA INTEGRACION DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE EN ENERGIA FOTOVOLTAICA

ESTRATEGIA Y METAS

DE ACORDARSE ENTRE LOS PAÍSES DE AL Y C UNA ESTRATEGIA COMÚN DE COMPLEMENTARIEDAD, PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR FV SE PODRÍA DAR UN GRAN SALTO A MEDIANO PLAZO Y TENIENDO EN CUENTA LA GRAN IRRADIACIÓN SOLAR CON QUE CUENTA LA REGIÓN SE PUDIERA ASPIRAR A TENER PARA EL LARGO PLAZO UNA GENERACIÓN FV PROMEDIO MAYOR AL 30 % DEL TOTAL DEL MIX ELÉCTRICO, DISTRIBUIDOS EN UNOS PAÍSES MAS QUE EN OTROS, TENIENDO EN CUENTA LAS POTENCIALIDADES DE OTRAS FORMAS DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA COMO LA HIDROELÉCTRICA DE GRAN PRESENCIA EN AMÉRICA DEL SUR Y LA EÓLICA EN OTRAS ZONAS.

ANTECEDENTES

EXISTEN DIVERSAS ORGANIZACIONES MUNDIALES Y REGIONALES SOBRE LAS DISTINTAS FUENTES DE ENERGÍA (FE), UNAS INCLUYEN TODAS LAS FUENTES DE ENERGÍA COMO LA **IEA** (AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA) Y LA **OLADE** (ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA), OTRAS ATIENDEN TODAS LAS RENOVABLES (FRE) COMO **IRENA** (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY) DE CARÁCTER INTERGUBERNAMENTAL CREADA EN 2011 CON EL OBJETIVO DE APOYAR A TODOS LOS PAÍSES EN UNA TRANSICIÓN HACIA ENERGÍAS FUTURAS SUSTENTABLES.

YA DENTRO DEL CONJUNTO LAS FRE EXISTEN MÁS ESPECÍFICAS COMO POR EJEMPLO **EPIA** (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION) SOLAMENTE PARA LA FV, CON LA MISIÓN DE PROMOVER LA ELECTRICIDAD FV EN EL MERCADO EUROPEO Y UNIR A TODOS SUS PAÍSES MIEMBROS EN UNA FUERTE Y ÚNICA VOZ ANTE LOS “DECISION MAKERS”, NO ES CASUAL EL GRAN DESARROLLO QUE HA TENIDO EUROPA AL RESPECTO.

OBJETIVO

EL OBJETIVO TRATA SOBRE LA PROMOCIÓN Y POSIBLE CREACIÓN DE UNA ASOCIACIÓN FOTOVOLTAICA DE LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE ENTRE PRODUCTORES, EMPRESAS, UNIVERSIDADES, CIENTÍFICOS, INGENIEROS, INVESTIGADORES, ECONOMISTAS ENTRE OTROS. UNIR ESFUERZOS PARA PROMOVER EL DESARROLLO QUE INCLUYA PRODUCCIONES INDUSTRIALES FV COOPERADAS EN COMPLEMENTARIEDAD. DISMINUIR LOS COSTOS FV EN LA REGIÓN POR LA ACCIÓN COLECTIVA EN ECONOMÍA DE ESCALA Y CIENTÍFICO TECNOLÓGICA DE LOS PAÍSES DE AL Y C. COMPRAR INSUMOS (MÓDULOS, INVERSORES,...) EN FORMA CONJUNTE PARA DISMINUIR LOS PRECIOS.

LOGRAR CONCRETAMENTE ANTES DEL 2020 COSTOS MENORES DE 1500 USD POR KWP INSTALADO Y QUE EL COSTO DEL KWH FV DISMINUYA A MENOS DE 6 CENTAVOS DE USD, DE ACUERDO CON LA PROPICIA RADIACIÓN SOLAR DE LA REGIÓN.

ACCIONES.

- 1.- CONVOCAR A DISTINTOS FACTORES DE LOS PAÍSES DEL ÁREA. INTERCAMBIAR Y FERTILIZAR CRITERIOS, LOGRAR CONSENSOS, CREAR UN GRUPO GESTOR PARA EL IMPULSO DEL OBJETIVO PROPUESTO. .
- 2.- PROMOVER LA PARTICIPACIÓN DE GOBIERNOS, MINISTERIOS DE ENERGÍA, EMPRESAS PRODUCTIVAS, EMPRESAS ELÉCTRICAS, ORGANISMOS, UNIVERSIDADES, CENTROS DE I-D, SOCIEDADES CIENTÍFICAS.



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



3.- AUNAR ESFUERZOS PARA EL DESARROLLO DE LAS INVESTIGACIONES C-T Y DE I+D FV TECNOLÓGICAS CON OBJETIVOS DE MEDIANO A LARGO PLAZO, COMO BASE DE LA SUSTENTABILIDAD EN EL TIEMPO DEL PROYECTO.

4.- ENTRE OTROS ASPECTOS A DEFINIR.

OPORTUNIDADES

RESUMEN DE ARGUMENTOS SOBRE LAS OPORTUNIDADES DE LA ENERGÍA FV EN AMERICA LATINA Y CARIBE

RADIACION SOLAR.

AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (AL-C) POSEEN DE LAS RADIACIONES SOLARES MÁS ALTAS DEL PLANETA, DE 1800 A $> 2200 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$ EN LA INMENSA MAYORÍA DE SU TERRITORIO. EL COSTO DEL kWh DEPENDE DEL NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR DEL LUGAR. POR EJEMPLO, EN ALEMANIA, PAÍS DE MAS INSTALACIONES FV EN EL MUNDO (HOY CERCA DE 40 000 MW), NO SOBREPASAN LOS 1100 KWH/M2/AÑO, SOLO POR ESTE CONCEPTO, EL COSTO PROMEDIO EN LA REGIÓN, PARA COSTOS IGUALES DE LOS SISTEMAS FV QUE LOS DE ALEMANIA, EL COSTO DE PRODUCCIÓN DEL KWH SERÍA DE MÁS DE 3 CENTS DE USD MAS BARATO.

EL SISTEMA FV Y COSTOS.

HA SIDO DRÁSTICA LA DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS FV. HACE VARIOS AÑOS EL MÓDULO FV CONSTITUÍA MÁS DEL 65 % DEL COSTO DEL SISTEMA FV, HOY ESTÁ POR DEBAJO DEL 35 %, POR LO QUE HA AUMENTADO SENSIBLEMENTE EL APOORTE DEL RESTO DEL SISTEMA (BOS), QUE PUEDE SER SUSTANCIALMENTE DISMINUIDO POR LA ACCIÓN CONJUNTA DE LOS PAÍSES DE ALYC. EL OTRO ELEMENTO QUE ESTA ENCARECIENDO SUSTANCIALMENTE LA FV SON LOS COSTOS DE CAPITAL (WACC).

COSTOS DEL kWh FV.

LA INVERSIÓN INICIAL ES EL ELEMENTO QUE MÁS PESA EN EL COSTO DE POR VIDA DEL kWh FV, PERO LOS INTERESES QUE SE PAGAN POR CRÉDITOS Y COSTOS DE CAPITAL LO PUEDEN SOBREPASAR POR LO QUE DEBEN SER DISMINUIDOS AL MÁXIMO. ACTUALMENTE EN LA MAYORÍA DE TODA LA REGIÓN, DE HACER BIEN LAS COSAS, EL kWh NO DEBE SER MAYOR DE 8 O 9 CENTAVOS DE USD Y TENDER A MENOS DE 6 CENTAVOS ANTES DEL AÑO 2020, LO QUE CONVIERTE LA FV EN UNA ALTERNATIVA ALTAMENTE COMPETITIVA CON LAS FUENTES DE COMBUSTIBLES FÓSILES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.

PRODUCCIÓN.

LA PRODUCCIÓN DE CELDAS FV INFLUYE DETERMINANTEMENTE EN LA PRODUCCIÓN DE SISTEMAS FV QUE SE INSTALAN CADA AÑO, LA QUE EN EL MUNDO PASÓ DE 287 MW EN EL AÑO 2000 A MÁS DE 45 000 MW EN EL 2014. LA PRODUCCIÓN DE MÓDULOS FV, AL IGUAL QUE LA DE CELDAS SE CONCENTRA EN ASIA. ALYC NO PRODUCE CELDAS INDUSTRIALES, ENSAMBLA UNOS POCOS MW DE MÓDULOS FV, TAMPOCO PRODUCE INVERSORES NI OTROS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL SISTEMA FV FINAL.

INSTALACIÓN.

LA MAYORÍA DE LAS INSTALACIONES FV ESTÁN EN EUROPA, SEGUIDO DE CHINA, EEUU Y JAPÓN. EN TODOS LOS PAÍSES DE LA AL Y C EN DICIEMBRE 2013



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



APENAS ALCANZABAN 200 MW DE LOS 140 000 MW EXISTENTES ENTONCES EN EL MUNDO. EN AL-C HA COMENZADO UN DISCRETO AUMENTO QUE SE DEBE INCREMENTAR EN LOS PRÓXIMOS AÑOS, PERO ES (EXCEPTUANDO A CHILE) EN UNA PÁLIDA PROPORCIÓN PERSPECTIVA COMPARADA CON EUROPA, ASIA Y EEUU, A PESAR DE LA FAVORABLE RADIACIÓN SOLAR QUE POSEE LA REGIÓN, ASPECTO QUE SE PUEDE REVERTIR CON AYUDA DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

INVESTIGACIONES C-T

NO OBSTANTE EL POBRE NIVEL DE INSTALACIONES FV EN LA REGIÓN, EXISTEN DIVERSOS CENTROS I-D Y UNIVERSIDADES QUE INVESTIGAN TEMÁTICAS FV, QUE CONSTITUYEN UNA BASE PARA ASEGURAR EL DESARROLLO C-T, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN FV.

TECNOLOGÍA LIDER.

LA TECNOLOGÍA DE CELDAS FV DE CELDAS DE SILICIO CRISTALINO (SI-C, POLI Y MONO CRISTALINO), SE MANTENDRÁ POR VARIAS DECENAS DE AÑOS, CONSTITUYE HOY MÁS DEL 90 % DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL, SUS COSTOS HAN DISMINUIDO ESPECTACULARMENTE, PROCESO QUE CONTINUARÁ. MIENTRAS TANTO SE PODRÁN DESARROLLAR INVESTIGACIONES QUE ASEGUREN A MAS LARGO PLAZO OTRAS ALTERNATIVAS INDUSTRIALES POSIBLES. YA COMIENZAN LAS PRIMERAS PRODUCCIONES Y EN LOS PRÓXIMOS AÑOS LA EFICIENCIA DE LOS MÓDULOS DE SILICIO MULTICRISTALINO E ELEVARA A CERCA DEL 19 % Y LO MONOCRISTALINOS A MAS DEL 21 %.

COMPLEMENTARIEDAD DE PAISES DE LA REGIÓN.

AL Y C POSEEN LAS MATERIAS PRIMAS, COMPONENTES DEL SISTEMA FV Y CONDICIONES PARA LOGRAR, MEDIANTE COMPLEMENTARIEDAD, DISMINUIR MAS AUN LOS COSTOS PLANTEADOS DE LAS INSTALACIONES FV DE ACUERDO CON EL OBJETIVO PROPUESTO. A CONTINUACIÓN RELACIONAMOS LA TENENCIA POR PARTE DE LOS DISTINTOS PAÍSES DE AL DE LA MAYORÍA DE LOS RECURSOS QUE SE REQUIEREN PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA FV.

CUARZO Y ARENA SÍLICE – PRÁCTICAMENTE TODOS LOS PAÍSES DE AL Y C POSEEN CUARZO Y ARENA SÍLICE, MATERIAS PRIMAS DE LAS QUE SE PRODUCE EL SILICIO PURO GRADO ELECTRÓNICO Y SOLAR, EN LUGARES DE ENERGÍA ELÉCTRICA MAS BARATA, COMO POR EJEMPLO EN GRANDES HIDROELÉCTRICAS COMO LAS QUE POSEE AMERICA LATINAL (ITAIPU, GURÍ, ETC.). EL COSTO MUNDIAL DEL SILICIO PURO GRADO SOLAR DISMINUYÓ DE > 400 USD/KG. EN 2008 A UNOS 15 USD COMO PROMEDIO ACTUALMENTE Y SU PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ECONOMÍA DE ESCALA PASÓ DE 2000 TONELADAS/AÑO EN EL 2000 A MÁS DE 280 000 AL AÑO EN EL 2014.

VIDRIO PLANO – DE GRAN DESARROLLO EN (MÉXICO, BRASIL, ARGENTINA). EL VIDRIO PLANO TEXTURADO DE ALTA TRANSPARENCIA DE < 4 MM DE ESPESOR CUBRE TODA EL ÁREA DE CADA MÓDULO FV. EN EL 2013 SE CONSUMIÓ PARA LA FV UNOS 200 Km² DE VIDRIO.

PETROQUÍMICA – DE UN ACEPTABLE DESARROLLO EN VARIOS PAÍSES DE AL Y C PRODUCTORES DE PETRÓLEO. POR CADA M² DE MÓDULO FV SE UTILIZAN 2 M² DE FINA CAPA DE ETILVINILACETATO Y 1 M² DE TEDLAR (MARCA REGISTRADA DE DUPONT DE FLUORURO DE POLIVINILO). HOY PRODUCTO DE LA PETROQUÍMICA (EN UN FUTURO POSIBLEMENTE DE OTRAS FUENTES ORGÁNICAS).



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



COBRE. CHILE Y PERÚ SON DE LOS PRIMEROS PRODUCTORES MUNDIALES. LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DEL CABLEADO FV SON DE COBRE O DE ALUMINIO.

ACERO – SON VARIOS LOS PAÍSES DE AL Y C PRODUCTORES DE ACERO. LAS ESTRUCTURAS SOPORTES DE LOS SISTEMAS FV SON DE ACERO Y/O DE ALUMINIO Y CONSTITUYEN UN IMPORTANTE % DEL COSTO DEL SISTEMA FV FINAL.

ALUMINIO - LO PRODUCEN VENEZUELA, JAMAICA. ELEMENTO IMPORTANTE DE LOS SISTEMAS FV. SE UTILIZA EN: 1.- MARCOS DE LOS MÓDULOS, 2.-CABLES Y 3.- ESTRUCTURAS SOPORTES FV.

ESTAÑO - BOLIVIA ES UN GRAN PRODUCTOR. SE UTILIZA EN FORMA DE CINTAS ESTAÑADAS PARA LA UNIÓN ELÉCTRICA DE LOS ARREGLOS DE CELDAS DEL MÓDULO.

PLATA – MÉXICO ES UN GRAN PRODUCTOR MUNDIAL. LA TECNOLOGÍA PREVALECIENTE PARA LA PRODUCCIÓN DE CELDAS DE SI-C ES LA SERIGRÁFICA, EN LA QUE SE UTILIZA UN POCO DE PASTA DE PLATA, AUNQUE SE PLANTEA LA POSIBLE SUSTITUCIÓN FUTURA POR OTRAS PASTAS SERIGRÁFICAS.

LITIO – BOLIVIA. GRAN PRODUCTOR. MUNDIALMENTE SE ESTA DESARROLLANDO LA TECNOLOGÍA Y LA PRODUCCIÓN DE LAS BATERÍAS ION-LITIO PARA EL ALMACENAMIENTO DE ELECTRICIDAD FV CON VISTAS A LLENAR LOS HUECOS DE TENSIÓN POR LAS INTERMITENCIAS DE LA ENERGÍA FV.

EQUIPOS ELECTRÓNICOS - VARIOS PAÍSES DE AL Y C TIENEN INFRAESTRUCTURA PARA LA PRODUCCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS “INTELIGENTES” COMO EL INVERSOR FV QUE, CONVIERTE LA CORRIENTE DIRECTA EN ALTERNA, SE COMPONE DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA MÁS MICROPROCESADORES Y SOFTWARE QUE LE DA UN MAYOR VALOR AGREGADO, PARTICIPA EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN SOBRETODOLA CONECTADA A LA RED.

NÍQUEL - CUBA ES GRAN PRODUCTOR. UN ELEMENTO IMPORTANTE DE LA GENERACIÓN FV ES LA ACUMULACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA SER UTILIZADA EN HORAS DE AUSENCIA DE RADIACIÓN SOLAR, EL NÍQUEL SE UTILIZA EN BATERÍAS PERO UNA GRAN PERSPECTIVA ESTA EN LA POSIBLE OBTENCIÓN DE METANO (METANACIÓN) EN FORMA ARTIFICIAL DEBIDO A LA REACCIÓN DE HIDROGENO CON CO² CAPTURADO DE AIRE ATMOSFÉRICO, EN CÁMARA (SABATIER) CON CATALIZADORES DE NÍQUEL.

INSTALACIONES.- CHILE UN PAÍS CLAVE EN EL PROPÓSITO PLANTEADO YA QUE ES ACTUALMENTE, CON NOTABLE DIFERENCIA, EL PAÍS DE AL Y C CON MÁS INSTALACIONES FV, EXPERIENCIA VALIOSA QUE PUEDE SER DISEMINADA Y FERTILIZADA CON MÁS INNOVACIONES DE DISTINTOS TIPOS EN OTROS PAÍSES DE LA REGIÓN.

COSTOS DE CAPITAL

ACTUALMENTE ES EL COMPONENTE QUE MAS INFLUYE EN EL ENCARECIMIENTO DEL kwh FV., QUE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS SE PAGA POR DEUDA CONTRAIDA CON PAISES DESARROLADOS INVERSIONISTAS. DE PROSPERAR LA UNIFICACION ECÓNOMICA DE AL-C IMPULSADO POR LA CELAC SERÍA POSIBLE ACUDIR A FINANCIAMIENTOS REGIONALES MUCHO MAS BLANDOS, DONDE EN LUGAR DE PRIMAR EL “NEGOCIO DELA ENERGÍA” SEA LA COMPLEMENTARIEDAD, LA NECESIDAD Y EL DERECHO A LA ELECTRICIDAD EL HILO CONDUCTOR DE LAS NEGOCIACIONES. .



ALIANZAS EXTRA REGIÓN.

ACTUALMENTE EN AL Y C SE ESTÁN COMPRANDO INSTALACIONES FV LLAVE EN MANO Y RELATIVAMENTE MÁS CAROS, TANTO EN PARQUES COMO EN OTROS SISTEMAS FV DISTRIBUIDOS. DE LOGRARSE EL OBJETIVO PLASMADO EN UN PLAN CONCRETO DE LOS PAÍSES DE AL Y C, LAS NEGOCIACIONES Y POSIBLES ALIANZAS (JOINT VENTURES) SERÍAN CON LA VOZ DE TODO EL BLOQUE DE PAÍSES ANTE LOS PAÍSES EXPORTADORES DE TECNOLOGÍAS FV. ESTOS ACUERDOS, ALIANZAS Y POSIBLES PRODUCCIONES CONJUNTAS SE DEBEN REALIZAR CON PAÍSES LÍDERES MUNDIALES DE PRODUCCIONES FV.

PRIMEROS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y PASOS.

DE LOGRARSE EL ACUERDO DE VARIOS PAÍSES DEL ÁREA EN ACOMETER LA ACTIVIDAD, UNA PRIMERA ACCIÓN SERÍA RECOMENDABLE QUE FUERA SIMILAR AL “ROADMAP” REMAP 2030, REALIZADO POR IRENA EN 26 PAÍSES DEL MUNDO, DE LOS QUE SOLO 3 SON DE AL (LA ULTIMA PUBLICADA EN JUNIO 2014) PERO APLICADO ESPECÍFICAMENTE EN LA FV Y TRATANDO DE CUBRIR TODOS O LA MAYORÍA DE LOS PAÍSES DE LA AL Y C. PARALELAMENTE HACER ALGO SIMILAR EN OBJETIVOS Y ESTRUCTURA A LA DE **EPIA** (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION), PERO APLICADO CON LAS MODIFICACIONES NECESARIAS APLICADAS A LAS CONDICIONES DE LA REGIÓN DE AL Y C. PODRÍAMOS RECABAR EL APOYO DE ORGANIZACIONES COMO IRENA Y LA EPIA PARA UNA COLABORACIÓN AL RESPECTO.

PARTICIPANTES.

- EMPRESAS NACIONALES GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- MINISTERIOS Y ORGANIZACIONES DE ENERGÍA.
- INVERSIONISTAS INDUSTRIALES RELACIONADOS CON LA FV.
- UNIVERSIDADES Y CENTROS DE INVESTIGACIONES EN LAS TEMÁTICAS FV.
- SOCIEDADES CIENTÍFICAS O DE OTRO TIPO RELACIONADAS CON LA FV.
- ENTRE OTRAS ORGANIZACIONES Y ENTIDADES INTERESADAS EN PARTICIPAR.

LA ENERGÍA FV SEGUIRÁ UN DESARROLLO CRECIENTE EN LA QUE HASTA AHORA, HA SIDO MUY POBRE EN LA REGIÓN DE AL Y C , A PESAR DE UN DESPEGUE QUE PUEDE PARECER FUERTE, AUNQUE EN REALIDAD ES TÍMIDO (EXCEPTO CHILE A PARTIR DE HACE 1 AÑO).

EN EL PROPÓSITO PLANTEADO SE DEBE CONTEMPLAR UN TRATAMIENTO INTEGRAL DONDE SE TENGAN EN CUENTA LAS ARISTAS CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y ECONÓMICAS AL RESPECTO.

DE LOGRASE MEDIANTE UNA INTELIGENTE SINERGIA ENTRE LOS PAÍSES DE AL Y C, LA REGIÓN PUEDE TENDER A CONVERTIRSE EN UNA POTENCIA MUNDIAL SOLAR FV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

DISMINUIR AL MÁXIMO EL COSTO DE LA CONSTRUCCION Y MONTAJE DE SISTEMAS FV, TENIENDO EN CUENTA LAS ESPECIFICIDADES y COSTOS FV TOTALES.

TODAS LAS COMPONENTES DE UN SISTEMA FV TRIBUTAN EN MAYOR O MENOR MEDIDA AL COSTO TOTAL DE LAS INSTALACIONES FV.

EL APOORTE MAYOR AL RESPECTO ES EL DE LOS COSTOS DE CAPITAL, SEGUIDO Y ALEJADO DE LOS COSTOS DE LOS MÓDULOS Y AUN CON COSTOS MUCHO MENORES LOS DE O-M.

LOS MÓDULOS HAN IDO DISMINUYENDO (COMO PROMEDIO SPOT DE UNOS \$4.00 USD /Wp HACE VARIOS AÑOS A \$0.55/Wp EN LA ACTUALIDAD PARA EL SI MULTICRISTALINO),



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



LOS COSTOS PORCENTUALES DEL RESTOS DEL SISTEMA (BOS - BASE OF SISTEM) SE HAN INCREMENTADO, ASPECTO A TENER MUY EN CUENTA YA QUE EL COSTO DE LOS MÓDULOS CONTINUARA DISMINUYENDO.

AL PROPOSITO DE DISMINUIR LOS COSTOS RELACIONADOS ESPECIFICAMENTE CON LA PARTE CONSTRUCTIVA Y DE INSTALACIONES FV PASA EN NUESTRAS CONDICIONES POR LA RESISTENCIA DE LOS SISTEMAS FV (SFV) A LOS FUERTES VIENTOS

ANALISIS LO HAREMOS SOBRE LA BASE DE DISTINTAS PROBABILIDADES DE DAÑO AL SISTEMA FV.

CUANDO EXISTEN DISTINTOS FACTORES DE PROBABILIDADES DE OCURRENCIA PORCENTUAL, LA PROBABILIDAD FINAL ES LA QUE SE OBTIENE DE MULTIPLICAR LAS DIVERSAS PROBABILIDADES,

NO TODAS LAS PARTES DEL SFV SON SUSCEPTIBLES DE UN GRAN DAÑO POR EL PASO DE HURACANES.

LA RESISTENCIA DE LOS MÓDULOS SE CORRESPONDE CON UNA PRESIÓN ORIGINADA POR LA VELOCIDAD DEL VIENTO DE 228 km./HORA. ES NECESARIO COMPROBAR ESTE REQUISITO TANTO EN MÓDULOS ENSAMBLADOS NACIONALMENTE COMO EN LOS IMPORTADOS DEBIDO A POSIBLES RECLAMACIONES. SON BASTANTES SENCILLAS, SE REALIZAN POR METODOS MECÁNICOS Y NO PRECISAN NECESARIAMENTE DE METODOS MAS CAROS COMO POR EJEMPLO LA UTILIZACION DE TUNELES DE VIENTO.

LOS ASPECTOS DE FIJACIÓN Y DE ESTRUCTURA SON LOS QUE INFLUYEN MAS EN LAS RESISTENCIAS DE CARGA PERTINENTES Y QUE SE HACE IMPORTANTE OPTIMIZAR PARA GARANTIZAR LOS RIEGOS VS. COSTO,

FUNDAMENTALMENTE DEPENDE DE:

- FIJACIÓN DEL MÓDULO A LA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE.
- RESISTENCIA DE LA PROPIA ESTRUCTURA.
- FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA DE LA INSTALACIÓN DEL SFV.

ESTO HACE QUE RECAIGA EN LA PARTE DEL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTES UNA PARTE DE ESTE ASEGURAMIENTO, SIEMPRE VS COSTO, QUE DESPUES SERÁ EJECUTADA POR LOS INSTALADORES.

HACER LAS "FILAS" DE INSTALACIONES FV CON DOS EN LUGAR DE 4 MÓDULOS TRANSVERSALES

HACER LAS FILAS DE MÓDULOS MÁS LARGAS, RECOMENDACIÓN QUE HICIMOS HACE TIEMPO. PUEDEN SER HASTA DE MUCHAS DECENAS DE MÓDULOS Y LLEGAR A MAS DE 100 METROS.

INSTALAR EL MÓDULO CON INCLINACIÓN A 15° PROPORCIONA:

- MAYOR RESISTENCIA DEL SISTEMA A LOS VIENTOS.
- LA DIFERENCIA DE ENERGIA SOLAR CAPTADA ES PEQUEÑISIMA.
- SE PRIVILEGIA LA GENERACION EN EL VERANO.
- DISMINUYE LA ALTURA DEL POSTE POSTERIOR.(AHORRO DE ESTRUCTURA)
- SE ESTECHA LA CALLE ENTRE FILAS DE MÓDULOS. (DISMINUCIÓN DE AREA)
- POSIBLE AHORRO DE CABLEADO.

MUNDIALMENTE LA MAYORÍA DE LOS SFV SE INSTALAN PARA RESISTIR VIENTOS HASTA DE UNOS 150 -170 Km/h PARA QUE NO RESULTE EN DAÑO ALGUNO. ESTO NO SIGNIFICA QUE PARA VIENTOS DE MAYOR VELOCIDAD, EL SFV NECESARIAMENTE SE DESTRUYA,

EN LA DETERMINACIÓN DEL RIESGO HAY QUE TENER EN CUENTA LA PROBABILIDAD DE LA OCURRENCIA (RECURRENCIA) DEL PASO DE HURACANES EN LA ISLA, EN 207 AÑOS HAN AZOTADO A CUBA UNOS 15 HURACANES DE GRAN INTENSIDAD. EL OCCIDENTE DEL PAÍS NECESITA UNA GRAN GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA,

DE LAS 4 COORDENADAS DE DIRECCIONES DEL VIENTO, SOLO UNA, LA QUE PROCEDE DEL NORTE ES LA MÁS PELIGROSA.

DISMINUYE EN GRAN MEDIDA LA PROBABILIDAD DE DAÑOS ES CONSTRUIR EDIFICACIONES E INDUSTRIAS NECESARIAS TAN ALTAS COMO SE QUIERA PERO SOLAMENTE POR EL LATERAL NORTE DEL SFV QUE "ROMPEN" LOS VIENTOS Y NO DAN SOMBRA AL SFV,

LA ZONA DE VIENTOS MÁXIMOS QUE DEFINE LA CATEGORÍA DE UN HURACÁN ESTÁ EN UN ÁREA MUCHO MÁS PEQUEÑA QUE LA DEL DIÁMETRO DEL HURACÁN.

EL MAYOR DAÑO SOLO SE PRODUCE CUANDO LA ZONA OESTE CERCANA AL VÓRTICE DEL CICLÓN ES LA QUE PASA EXACTAMENTE POR LA ZONA DONDE ESTA ENCLAVADO EL SISTEMA FV

EL HECHO DE DESARROLLAR UN PROGRAMA FV DE DISTRIBUCIÓN LAS INSTALACIONES FV POR TODO EL PAÍS EN GRAN NUMERO DE SFV CONECTADOS A RED HACE QUE UN CICLÓN AL AFECTAR UNA ZONA DEL PAIS EL DAÑO EN TÉRMINOS PROBABILÍSTICOS ES SOLO PARA UNA PEQUEÑA PARTE DE TODAS LAS INSTALACIONES.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



DE ACUERDO CON LA MULTIPLICACIÓN DE TODAS LAS PROBABILIDADES ANTES MENCIONADAS DE DAÑOS FV AZOTADOS POR CICLONES RESULTA UNA PROBABILIDAD FINAL MUY PEQUEÑA.

LAS ESTRUCTURAS NO DEBEN SOBREDIMENSIONARSE, SINO OPTIMIZAR SU DISEÑO MEDIANTE UN CÁLCULO APROPIADO DE COSTO-RIESGO PARA RESISTIR LOS VIENTOS QUE POR PROBABILIDAD DEBEN AFRONTAR.

ACTUALMENTE A NIVEL MUNDIAL PARA CONTINUAR ABARATANDO LAS ESTRUCTURAS SOPORTES METÁLICAS FV QUE HAN IDO DISMINUYENDO DESDE MAS DE \$0.30 USD/Wp PARA TENDER A MENOS DE \$0.15 USD/Wp. DISMINUIR EL COSTO DE LA ESTRUCTURA FV EN \$0.10 USD/Wp REPRESENTA EL AHORRO DE UN MILLÓN DE USD POR CADA 10 MW FV INSTALADOS. EN UN FUTURO PRÓXIMO SERÁ DE \$0.08 USD/ Wp. CON MÓDULOS DEL 20 % DE EFICIENCIA QUE SE DEBE LOGRAR PARA MÓDULOS DE SILICIO MULTICRISTALINO EN LOS PRÓXIMOS AÑOS.

NINGUNO DE LOS SISTEMAS FV INSTALADOS (HOY MAS DE 200 000 MW) EN EL MUNDO SON ABATIBLES O CON RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES ESPECÍFICOS.

LOS DAÑOS QUE SE REPORTAN EN REGIONES DE PAÍSES SOMETIDOS A AZOTES DE HURACANES Y GRAN CANTIDAD DE SFV FIJOS, NO SON SUSTANCIALES.

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE LA FV POR TODO EL PAIS, CON UNA OCUPACIÓN TOTAL INSIGNIFICANTE DEL AREA NACIONAL, TIENE UN CARÁCTER LOCALIZADO ANTE LOS DESASTRES, POR LO QUE DISMINUYE LA PROBABILIDAD DE CATASTROFE GENERAL FV. EL ENCARECIMIENTO REAL

HACER INNECESARIAMENTE LAS ESTRUCTURAS MAS ROBUSTAS Y RESISTENTES A LAS VELOCIDADES DE LOS VIENTOS CONSTITUYE UN GASTO MUCHO, PERO MUCHO MAYOR QUE EL COSTO DE LOS DAÑOS PROBABLES OCASIONADOS POR EL PASO DE HURACANES,

ES IMPORTANTE ANALIZAR CUALQUIER COSTO FV ESPECÍFICO EN EL MARCO DE LOS COSTOS DE TODAS LAS COMPONENTES DE UN SISTEMA FV.

HAREMOS UNA COMPARACION CON LOS RESULTADOS ALCANZADOS CON EJEMPLOS DE MEJORES PRÁCTICAS, A ESTOS EFECTOS, SELECCIONEMOS ALEMANIA, PAÍS DE LARGA EXPERIENCIA EN INSTALACIONES FV. EL EJEMPLO NO PERSIGUE EL OBJETIVO DE HACER UNA TRANSFERENCIA MECANICA, SINO QUE SIRVE COMO UNA REFERENCIA REAL A LA QUE DEBEMOS DE TENDER, SOBRE TODO TENIENDO EN CUENTA AL SOBRE DIMENSIONAMIENTO DE COSTOS PARCIALES CUANDO AL PRINCIPIO, CON POCA EXPERIENCIA, SE INICIA UN PERIODO DE DESARROLLO FV.

LOS COSTOS DE MEJOR PRÁCTICA HAN CONTINUADO SU DISMINUCIÓN, TENDENCIA QUE CONTINUARÁ,

EN EL PRÓXIMO EJEMPLO SE TOMA EL COSTO DE LOS MÓDULOS EN \$ 0.70 USD/Wp, NO OBSTANTE QUE PARA LOS MÓDULOS DE SI-C EL COSTO PROMEDIO SPOT ACTUAL (JUNIO 2015) ES 0.55 USD/Wp,

CON EL EJEMPLO DE ALEMANIA VEAMOS LA TABLA PRÓXIMA DE COSTOS, PRIMERAMENTE SOLO PARA LOS COATOS ESPECIFICOS DE INVERSION INICIAL: **1300 USD / kWp.**

A ESTO HAY QUE AÑADIR LOS COSTOS POSTERIORES: LA SUMA DE AMBOS COSTOS (SIN TENER EN CUENTA AUN LOS COSTOS DE CAPITAL) SERA: **1690 USD / kWp.**

EN CUBA DEBEMOS "PAGAR" POR "APRENDER LA LECCIÓN" EN COMPARACIÓN CON LOS COSTOS DE MEJORES PRÁCTICAS DE ALEMANIA, AÑADIREMOS UN INCREMENTO QUE HEMOS DENOMINADO "IMPREVISTOS", QUE DEBEN IR DISMINUYENDO EN LA MEDIDA QUE ALCANCEMOS MAYORES EXPERIENCIAS, INCLUYENDO LAS CONSTRUCTIVAS. DEFINAMOS QUE LOS "IMPREVISTOS" TENGAN UN MÁXIMO DE 350 USD/kWp, EMTONCES EL COSTO QUE ERA DE 1690 USD/kWp PARA LA MEJOR PRÁCTICA DE ALEMANIA SE CONVIERTE EN UNOS 2040 USD/kWp PARA CUBA:

LOS COSTOS DE 1690 Y 2040 USD/kWp NO TIENEN EN CUENTA LOS COSTOS DE CAPITAL. **(WEIGHTED AVERAGE OF CAPITAL COST -WACC-).**

LOS COSTOS QUE SE INCREMENTAN (SEGUNDA COLUMNA EN LA SIGUIENTE TABLA) POR COSTO DE CAPITAL PARA EL CASO DE MEJORES PRÁCTICAS Y LOS NUEVOS COSTOS TOTALES (TERCERA COLUMNA) SON:

WACC*	INCREMENTO USD / kWp	USD / kWp TOTAL
2.5 %	422	2112
5 %	862	2552
7.5 %	1426	3116
10 %	2062	3572

PARA CASO DE MEJOR PRÁCTICA



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



PARA EL CASO DEL COSTO POR SUMA DE IMREVISTOS PROPUESTO COMO EJEMPLO PARA CUBA OBTENEMOS:

WACC*	INCREMENTO USD / kWp	USD / kWp TOTAL
2.5 %	510	2550
5 %	1040	3080
7.5 %	1734	3774
10 %	2489	4529

PARA CASO DE POCA PRÁCTICA

NÓTESE LA ENORME INFLUENCIA DEL COSTO DE CAPITAL EN LOS COSTOS TOTALES DE LOS SISTEMAS FV, ASPECTO QUE ES ANALIZADO EN OTROS TRABAJOS.

AUNQUE LOS COSTOS RELACIONADOS PROPIAMENTE CON LA INSTALACION Y EL MONTAJE SON TREMENDAMENTE MENORES QUE LOS COSTOS DE CAPITAL, EL DE MÓDULOS E INCLUSIVE PARA EL DE IMPREVISTO PROPUESTO, ES IMPORTANTE NO SOBREDIMENSIONAR OTROS COSTOS, SINO TAMBIEN TRATAR DE DISMINUIRLO,

TODOS LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS FV, MENOS LA DE COSTOS DE CAPITAL, HAN IDO DISMINUYENDO, EL MAS NOTABLE SIN DUDAS ES EL DE LOS MÓDULOS,

EL COSTO DE LAS ESTRUCTURAS PUEDE LLEGAR HASTA \$0.30 USD/Wp EN UNA PRACTICA DEFICIENTE, EN MUCHOS LUGARES ESTA EN EL ORDEN DE LOS \$0.15 USD/Wp, EN LA BUENA PRÁCTICA ALEMANA EL COSTO PROMEDIO DE LAS ESTRUCTURAS (SIN INCLUIR AUN LOS COSTOS DE MONTAJE) PARA LOS PARQUES FV ES DE \$0.09 USD/Wp, DIFICIL DE LOGRAR HOY EN CUBA PERO A LO QUE DEBEMOS TENDER COMO REFERENCIA, PARA ELLO ES NECESARIO NO SOBREDIMENSIONAR INNECESARIAMENTE EL DISEÑO.

LA INFRAESTRUCTURA INCLUYE TODO COSTO INICIAL DE LA PREPARACIÓN FÍSICA PARA LA PLANTA FV, CERCAS, ACCESOS, ETC. ES DE NOTAR QUE PREDOMINA EL COSTO LABOR, MUCHO MENOR EN CUBA POR PAGO A LOS INSTALADORES, POR EJEMPLO EN ALEMANIA EL OPERARIO RECIBE APROXIMADAMENTE \$25.USD LA HORA. EL COSTO DE BUENA PRÁCTICA HOY EN ALEMANIA POR ESTE ACAPITE DE INFRAESTRUCTURA ES DE \$0.06 USD/Wp. TAMBIÉN DIFICIL DE LOGRAR HOY EN CUBA PERO A LO QUE DEBEMOS TENDER COMO REFERENCIA.

EN EL TRABAJO SE INCLUYEN LAS VALORACIONES DE COSTO A LAS CUALES TENDER DE OTROS ACAPITES, TALES COMO: CONEXIÓN AC DEL INVERSOR A LA RED, INSTALACIÓN Y MONTAJE, PLANEACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

APRECIAMOS QUE TODA LA PARTE CONSTRUCTIVA DE LA INSTALACION INICIAL CONSTA DE APROXIMADAMENTE UN 20%. POR SUPUESTO QUE TANTO LOS COSTOS DE \$0.25 USD/Wp COMO LOS \$1.30 USD/Wp DE TODA LA INVERSIÓN INICIAL, NO SON REALES PARA CUBA, POR LO QUE AÑADIMOS UN IMPREVISTO TOTAL DE \$0.35 USD/Wp,

UNA BUENA SELECCIÓN DE LOS LUGARES PARA LAS INSTALACIONES FV INFLUYE EN LOS COSTOS DE LA PARTE CONSTRUCTIVA. PERO TAMBIEN ESTE ASPECTO ESTA INTIMAMENTE RELACIONADO CON LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA TECNOLOGÍA FV,

MIENTRAS MAS DISPERSA Y MAYOR SEA EL NÚMERO DE INSTALACIONES FV SON MEJORES LAS PRESTACIONES FV CONECTADAS A LA RED.

REFORZADO EN EL CASO DE CUBA POR SU CONFIGURACION GEOGRÁFICA ESTE – OESTE (MENOR DIFERENCIA EN LATITUD), POR LO QUE LA FLUCTUACIÓN DEL PROMEDIO DE RADIACION SOLAR ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO, TANTO ASI QUE LA PEOR RADIACIÓN DE CUBA ES MAYOR QUE LA MAS ALTA DE ALEMANIA

LAS POTENCIAS FV PUEDEN CUBRIR UN AMPLIO ESPECTRO, DESDE VARIOS kWp HASTA DECENAS DE (MUNDIALMENTE CIENTOS) MWp. EN CUBA HA SIDO CORRECTA LA POLITICA DE COMENZAR CON POTENCIAS MENORES EN PARQUES, LAS QUE PODRÁN IR AUMENTANDO EN NUMERO Y POTENCIA, SOBRE TODO CUANDO PROLIFEREN EN NUMERO Y DISPERSIÓN LOS PARQUES,

LOS SISTEMAS FV SE DEBEN INSTALAR LO MAS CERCA DEL CONSUMO Y SOBRE TODO EN AUTOSUMOS. EN ESTE SENTIDO LAS FÁBRICAS DE MAYOR LABOR DIURNA QUE POSEAN TERRENOS EN SU LATERAL SUR SE PRESTAN NOTABLEMENTE PARA UBICAR LA PLANTA FV, CON MAYOR SIMPLIFICACION DE LA ESTRUCTURA Y MENOR COSTO DEBIDO A QUE EL EDIFICIO ROMPE EL VIENTO PROVENIENTE DEL NORTE.

PARA LOS PARQUES FV SE DEBE EVITAR O SIMPLIFICAR AL MÁXIMO EL MOVIMIENTO DE TIERRA CON LA CONSECUENTE DISMINUCION DE COSTOS.

LA GEOMETRÍA DEL PARQUE PUEDE SER DIVERSA, RECTANGULAR, IRREGULAR, DISPERSA DE ACUERDO A LA GEOGRAFÍA DEL LUGAR, SE TIENDE QUE SEA RECTANGULAR CON LAS LINEAS DE MODULOS DE UNA MISMA LONGITUD, PERO ESTO DEPENDE TAMBIEN DE LA ORIENTACIÓN DE LOS MODULOS. EJEMPLO DE UN ESPACIO



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



COMPLETAMENTE RECTANGULAR EN QUE LA DISPOSICION DE LOS MÓDULOS NO PUEDEN TENER LA MISMA LONGITUD, O SEA, DONDE ES IMPOSIBLE LOGRAR EL PARQUE EN FORMA RECTANGULAR.

EN EL HEMISFERIO NORTE LA MAYORÍA DE LOS SISTEMAS FV ESTAN ORIENTADOS HACIA EL SUR. EN ALGUNAS OCASIONES SE PUEDEN DESVIAR LIGERAMENTE HACIA SURESTE O SUROESTE BUSCANDO PRIVILEGIAR LA GENERACION A CIERTA HORAS CON TAMBIEN UNA LIGERA DISMINUCION DE LA GENERACION FV.

AUNQUE NO HA SIDO OBJETO DE NUESTRA RECOMENDACIÓN DEBIDO A QUE SON MAS CARAS, NO OBSTANTE, LA ORIENTACION ESTE-OESTE DE LOS MODULOS TIENE CIERTAS BONDADES QUE PUEDEN SER TENIDAS EN CUENTA PARA ALGUNAS INSTALACIONES DE ACUERDO CON SUS CARACTERÍSTICAS, POR EJEMPLO:

- LAS INSTALADAS CON ORIENTACION ESTE-OESTE EN LUGARES PLANOS DEL MISMO TAMAÑO, GENERAN ALREDEDOR DE UN 30% MÁS QUE LOS SISTEMAS ORIENTADOS AL SUR
- ENSANCHAN LA CURVA DE GENERACIÓN POR LO QUE SUMINISTRAN ENERGÍA ELÉCTRICA DURANTE ALGO MAS DE TIEMPO DURANTE EL DÍA QUE LOS SISTEMAS CON ORIENTACIÓN SUR.
- GRACIAS A MENORES ÁNGULOS DE INCLINACIÓN SE PUEDE UTILIZAR CON CAPACIDADES DE SOPORTE DE CARGA MAS BAJOS.
- POSEEN UNA MAYOR RESISTENCIA A LOS VIENTOS HURACANADOS, NO IMPORTA DE DONDE PROVENGAN, INCLUIDOS LOS DEL NORTE.
- PUEDEN REQUERIR MENOS MATERIALES DE MONTAJE CON REDUCCIÓN DE COSTOS DE INSTALACIÓN.

LA ORIENTACION ESTE-OESTE, AUNQUE NO RECOMENDAMOS GENERALIZARLO, ES UNA POSIBILIDAD A EXPERIMENTAR EN ALGUNOS CASOS CONCRETOS,

EL DISEÑO Y LA TECNOLOGIA DE INSTALAR LAS GRAPAS DE FIJACIÓN ESTRUCTURA-MÓDULO SON SUMAMENTE IMPORTANTES PARA GARANTIZAR LA RESISTENCIA A LAS CARGAS, QUE SEAN LO MAS BARATO POSIBLE Y PERMITA A LOS INSTALADORES LA MAYOR RAPIDEZ POSIBLE EN EL TIEMPO DE INSTALACIÓN. DEBEN SER TAMBIEN DE ALUMINIO, PARA ALEJAR EL PAR METÁLICO ALUMINOI-ACERO.

LAS GRAPAS SE PUEDEN HACER EN CUBA, EN LA EMPRESA LENIN DE SGO. DE LAS VEGAS QUE POSEE LA MAQUINARIA NECESARIA DONDE SE HACE EXTRUSION DE ALUMINIO, LOS TROQUELES CON POSIBLE DISEÑO CUBANO SE PUEDEN ENCARGAR E IMPORTAR EN PAISES COMO CANADA O PORTUGAL. EL, PERFIL DE EXTRUSION ES DE VARIOS METROS DE LONGITUD Y SE CORTA EN SEGMENTOS CORTOS, TODAS LAS GRAPAS SALEN IGUALES DE ACUERDO CON EL DISEÑO DEL TROQUEL

ES FUNDAMENTAL REALIZAR UN BUEN DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS SOPORTES, PARA LOGRAR LA RESISTENCIA NOMINALIZADA, COSTOS MENORES POSIBLES, MAYOR SENCILLEZ PARA SU RÁPIDO MONTAJE POR PARTE DE LOS INSTALADORES. LA ESTRUCTURA MÁS SENCILLA QUE SE LOGRA CONSTA DE CUATRO PERFILES: POSTES TRASEROS Y DELANTEROS, SOPORTES TRANSVERSALES Y LOS DE LOS MÓDULOS. DE SER NECASARIO SE DISEÑAN CON ALGUNA O ALGUNOS PERFILES DIAGONALES.

LA TENDENCIA ES HACER LO MAS SENCILLO POSIBLE EL DISEÑO INTEGRAL Y DE LOS DISTINTOS PERFILES. LOS METALES QUE SE UTILIZAN SON EL ACERO GALVANIZADO Y EL ALUMINIO. LOS POSTES (TRASEROS Y DELANTEROS) SON DE ACERO, AL IGUAL QUE LA MAYORIA DE LOS TRANSVERSALES Y SOPORTES DE MÓDULOS

TAMBIEN. EN MUCHA MENOR CUANTÍA EN OCASIONES SE UTILIZAN PEFILES PREFABRICADOS DE CONCRETO REFORZADO.

TODOS LOS PERFILES SE PUEDEN HACER EN CUBA, ES UNA PARTE QUE PUEDE TRIBUTAR AL ENCADENAMIENTO FV DE LA PRODUCCION NACIONAL, SIEMPRE QUE SE LOGRE A COSTOS MAS BARATOS QUE LOS IMPORTADOS (YA PUESTOS EN CUBA), LO QUE ES MUY FACTIBLE SI SE LOGRA LA EFICIENCIA NECESARIA AL RESPECTO.

LA FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA ES EL ELEMENTO MAS CONTROVERTIDO DE LA PARTE CONSTRUCTIVA DE LAS INSTALACIONES FV. LAS ALTERNATIVAS DEPENDEN DE LAS PROPIAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO. POR EJEMPLO. SI NO HAY PIEDRAS LO MAS RECOMENDABLE ES UTILIZAR DIRECTAMENTE EL HINCAMIENTO DE LOS POSTES.

HAY DOS TIPOS DE MAQUINAS HINCADORAS, LAS DE GOLPEO Y LAS VIBRATORIAS, PUEDEN EMPOTRAR (HINCAR) CADA POSTE EN UNOS DOS MINUTOS. LA INVERSION INICIAL SE AMORTIZA RAPIDAMENTE, LAS HINCADORAS VAN TRASLADANDOSE Y TRABAJANDO DE PARQUE EN PARQUE.

RECOMENDAMOS HACER UN GRUPO ESPECIALIZADO EN HINCADORAS. LA FIJACION AL SUELO POR HINCAMIENTO DE POSTES NO LLEVA HACER HUECOS, NI CABILLAS NI CONCRETO.

SI EL SUELO TIENE ALGUNAS POCAS PIEDRAS, ES POSIBLE QUE HINCADORAS DE GOLPEO PUEDAN UTILIZARSE, DE LO CONTARRIO HAY QUE PASAR A OTROS METODOS, LOS DOS MAS UTILIZADOS SON: 1.- MEDIANTE BARRENADO DE HOYOS Y REFORZAMIENTOS ESPECUFICOS COMO CONCRETO, 2.- MEDIANTE ZAPATAS (CORRIDAS O NO), PILOTES U OTROS PESOS "MUERTOS". EN EL CASO DE HOYOS PODRÍA EXPERIMENTASE CON COMPACTACIÓN DE TIERRA. EN GENERAL HAY QUE EVITAR AL MÁXIMO LOS ENCOFRADOS DE CABILLAS Y EL USO EXCESIVO DE CONCRETO.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



SI UN PARQUE FV NO ESTA PROTEGIDO EN SU LIMITE NORTE, DEBIDO A QUE EL CHOQUE INICIAL DE LOS VIENTOS ES CON LA PRIMERA FILA DE MÓDULOS, ENTONCES SE PODRÍAN HACER REFORZAMIENTOS ESPECÍFICOS PARA ESTA PRIMERA FILA DE MÓDULOS, INCLUYENDO POSIBLES HOYOS CON ENCONFRADO Y CONCRETO, AUNQUE PUEDA SER TAMBIÉN MEDIANTE CERCADO ROBUSTO PEGADO A LA FILA (QUE NO DAN SOMBRA POR ESTAR AL NORTE).

COMO YA VIMOS, EN EL CASO DE EXPERIMENTAR EN ALGUNOS PARQUES CON ORIENTACION ESTE-OESTE, DISMINUYE NOTABLEMENTE EL DAÑO, INDEPENDIENTEMENTE DE POR DONDE SOPLE EL VIENTO, INCLUSIVE DESDE EL NORTE.

TODO EL TERRITORIO NACIONAL ES CANDIDATO PARA INSTALACIONES FV. LA CONVENISNCIA O NO DE INSTALACION OBEDECE A OTRS CAUSAS (VER REQUISITOS DE INSTALACIO FV QUE HACE TIEMPO SE APROBARON).

EN PARQUES FV LA ELECTRICIDAD ES GENERADA O COMPRADA POR LAS EMPRESAS ELECTRICAS PARA INYECTAR A LA RED ELÉCTRICA EL 100 % DE SU GENERACION ELECTRICA, SE CARACTERIZAN POR SER LOS DE MAYORES POTENCIAS, INSTALADAS CASI SIEMPRE EN SUELO (ALGUNOS EN GRANDES CUBIERTAS O EN ESPEJOS DE AGUA).

LOS DEL LADO DEL CLIENTE MAYORMENTE SE INSTALAN EN TECHOS Y CUBIERTAS, EN OCASIONES EN SUELO, DIRIGIDO A LOS SIGUIENTES SEGMENTOS: RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, COMERCIAL, SOCIAL.

LAS PRIMERA INSTALACIONES FV FUERON EN EL ESPACIO, DESPUES A SISTEMAS REMOTOS EN SUPERFICIE TERRESTRE Y POSTERIORMENTE LOS CONECTADOS A RED, ESTOS ULTIMO HAN CONTINUADO AUMENTANDO CON MAYOR VELOCIDAD.

LOS PARQUES EN SUELO SON UNA IMPORTANTE VIA PARA LA INTRODUCCIÓN EN MAYOR MEDIDA DE LA FV, DEBIDO A QUE TRIBUTA DIRECTA Y GRANDEMENTE AL COSTO FÓSIL EVITADO. EN LO ÚLTIMOS AÑOS HAN IDO RAPIDAMENTE AUMENTANDO EN NÚMERO Y EN POTENCIA (SE PONEN LOS EJEMPLOS).

PARA CUBA RECOMENDAMOS QUE NO ES EL MOMENTO DE INSTALAR MUY GRANDES PARQUES, ES MAS IMPORTANTE QUE SEAN DE MENORES POTENCIAS Y AUMENTEN EN NUMERO EN FORMA DISTRIBUIDA DE FORMA INTELIGENTE PARA TRIBUTAR A LA DISMINUCIÓN DE FLUCTUACIONES DE TENSION Y FRECUENCIA DE LA RED. PRIMERO MUCHOS PARQUES DE MENOS POTENCIA (DE 1 A 5 MW), LOGRANDO MAYOR DISPERSIÓN DE LOS MISMOS E IR POCO A POCO AUMENTANDO LA POTENCIA, PUEDEN SER MAYORES EN INSTALACIONES MAYORMENTE DE AUTOCONSUMO.

A MUCHO MAS LARGO PLAZO, PARQUES FV MAYORES QUE INCLUSIVE TRIBUTEN A TRANSMISION, SERAN TAMBIÉN OPCIONES A EXPLOTAR.

A NIVEL MUNDIAL EL COSTO EN PARQUES DE MAS DE 1 MW, EN DEPENDENCIA DEL PAIS, (EXCEPTUANDO AUSTRALIA) PUEDE DISMINUIR APROXIMADAMENTE DE UN 20% HASTA UN 50 %. HABRÍA QUE VER EN CUBA COMO SERÍA ESTE COMPORTAMIENTO. NO OBSTANTE ESTAS DIFERENCIAS DE COSTOS ES SUMAMENTE IMPORTANTE EL DESARROLLO DE INSTALACIONES FV DEL LADO DEL CLIENTE (VER ARGUMENTOS EN OTRO TRABAJO).

PARA EL CASO RESIDENCIAL EL AUTOCONSUMO DEBE SER LA PRIORIDAD, SE HACE NECESARIO ESTABLECER EL MARCO REGULATORIO PARA CUANDO ESTE INYECTE ELECTRICIDAD FV A LA RED, YA SEA EN FIT (FEED IN TARIFF) O EN NET METERING.

LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES FV DEPENDE FUERTEMENTE DE CADA PAÍS, POR EJEMPLO SI EL COSTO DEL kWh QUE SE PAGA POR LA FACTURA ELÉCTRICA ES ELEVADA, Y EL COSTO AL RESPECTO DEL kWh FV ES MENOR QUE LA DEL MIX, ENTONCES LE ES ATRACTIVO AL CLIENTE RESIDENCIAL FINANCIAR LA INSTALACION FV,(VER EJEMPLOS).

EN EL CASO DE CUBA EL CLIENTE RESIDENCIAL PAGA MUCHO MENOS DE LO QUE LE CUESTA AL PAIS LA GENERACIÓN DE CADA kWh, POR LO QUE EN UN ANÁLISIS DE POMOCIÓN DE LA FV EN EL SEGMENTO RESIDENCIAL POR COSTO FÓSIL EVITADO SERÍA INEVITABLE RECURRIR A FUERTES SUBVENCIONES EN LA ADQUISICION POR EL CLIENTE DE LOS SISTEMAS FV.

LAS EMPRESAS Y ORGANIZACIONES RELACIONADAS CON LA PARTE CONSTRUCTIVA DEBEN ESPECIALIZAR PERSONAS, GRUPOS O EN LAS FORMAS QUE ESTIMEN MAS CONVENIENTE EL TEMA DE LAS INSTALACIONES EN TECHOS Y CUBIERTAS CON RELACION A GARANTIZAR LA IMPERMEABILIZACION, ES UNA TAREA INTERDISCIPLINARIA EN EL QUE ADEMÁS DE LAS TECNOLOGÍAS DE IMPERMEABILIZACION TAMBIEN SE DEBE TENER CONOCIMIENTOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES FV. HAY NOTABLES AVANCES MUNDIALES EN ESTE SENTIDO. DE ENTENDERSE ESTA NECESIDAD NUESTRO LABORATORIO DE INVESTIGACIONES FV INTEGRALES IMRE-UH Y SU CONSULTORÍA FV ESTAN EN LA MEJOR DISPOSICION DE CAPACITAR A LOS ESPECIALISTAS EN LA PARTE DE LOS CONOCIMIENTOS FV NECESARIOS A ESTOS EFECTOS.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



EXISTEN EMPRESAS IMPERMEABILIZADORAS EN EUROPA QUE OFERTAN SISTEMAS FV EN TECHOS Y CUBIERTAS, EN LA QUE EN REALIDAD EL ASPECTO FV ES UN VALOR AGREGADO QUE AUMENTA SENSIBLEMENTE LOS COSTOS. SUGERMOS QUE ESTE ASPECTO SEA PARTE DE UN ENCADENAMIENTO NACIONAL CON VISTAS A GARANTIZAR LA CALIDAD Y LA DISMINUCION DE LOS COSTOS DE LAS INSTALACIONES EN TECHOS Y CUBIERTAS, SEAN INDUSTRIALES, COMERCIALES, RESIDENCIALES O SOCIALES.

SI BIEN EL DESARROLLO FV MUNDIAL CONECTADO A RED COMENZÓ MAYORMENTE POR EL SECTOR RESIDENCIAL, EL COMERCIAL HA IDO EN AUMENTO Y POSTERIORMENTE EL INDUSTRIAL CON UN FUERTE DESARROLLO ACTUAL. EL INDUSTRIAL CONSTITUYE UN NADA DESPRECIABLE CERCANO A LA CUARTA PARTE DEL CONSUMO ELECTRICO NACIONAL, PERO COMO NECESIDAD DEL DESARROLLO ECONÓMICO DEL PAIS DEBE AUMENTAR SUSTANCIAL Y PAULATINAMENTE HASTA EL AÑO 2030.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DE COSTO DEL SISTEMA FV, EL COMERCIAL SE COMPORTA ENTRE LOS COSTOS DE PARQUES Y LOS DEL RESIDENCIAL.

ELEMENTOS A FAVOR DE LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES SERÍAN: PRIORIZAR AQUELLAS DE CONSUMO MAS BIEN DIURNO Y CONTAR CON UNA ZONA INMEDIATA AL SUR ALEDAÑA A LAS EDIFICACIONES DE LA INDUSTRIA APROPIADO PARA LA INSTALACION FV,

TODOS LOS SECTORES, TANTO EN PARQUES COMO LOS DEL LADO DEL CLIENTE (INDUSTRIAL, COMERCIAL, RESIDENCIAL, SOCIAL) SON IMPORTANTES, PERO ES NECESARIO ANALIZAR LA SITUACION EN CADA PAIS PARA ESTABLECER UNA RUTA CRITICA DE DESARROLLO DE ACUERDO CON LA RÁPIDA EVOLUCIÓN QUE HA TENIDO LA FV. EN ESTE SENTIDO ES MUY CORRECTO EL DESARROLLO DE INSTALACIONES DE PARQUES FV LO MAS DISTRIBUIDO GEOGRAFICAMENTE Y CERCA DE LOS CONSUMOS POSIBLES,

HEMOS INSISTIDO EN PRIORIZAR EL SECTOR INDUSTRIAL, QUE PUEDE EN MAYOR MEDIDA CONTRIBUIR AL FINANCIAMIENTO DE LAS INSTALACIONES FV (VER LOS OTROS TRABAJOS QUE LA CONSULTORIA HA ELABORADO AL RESPECTO). LAS POTENCIAS PUEDEN ESTAR EN UN AMPLIO RANGO, DEL ORDEN DE LOS PARQUES FV PERO TAMBIEN ALGO MENORES (COMO DE UNOS 100 kWp EN ADELANTE). PARA EL PAIS EN ESTE SECTOR SE NECESITA DE MÁS ENERGIA, QUE DE PRIORIZARSE EN GENERACION DIURNA, PUEDE CONTRIBUIR A UNA CURVA DE CARGA MAS EXTENDIDA EN HORAS DE SOL. LE SIGUEN LAS INSTALACIONES COMERCIALES Y SOCIALES TAMBIEN MAS BIEN DE CONSUMO DIURNO, EN LOS QUE LAS POTENCIAS NECESARIAS CONTINUAN DISMINUYENDO. PARA TODOS ESTOS SECTORES LAS INSTALACIONES PUEDEN SER TANTO EN TECHOS, CUBIERTAS Y SUELOS DE DIVERSAS DIMENSIONES,

NO SE DEBEN PLANTEAR CAMISAS DE FUERZAS AL RESPECTO, EL CARÁCTER MODULAR DE LA FV ES UNA DE SUS GRANDES FORTALEZAS QUE HAY QUE APROVECHAR.

PARA EL RESIDENCIAL LAS POTENCIAS DE CADA INSTALACION SON LAS MAS PEQUEÑAS, POR ELLO SON LAS MAS CARAS POR Wp. PRACTICAMENTE TODAS EN TECHOS, PARA SU PROMOCION HABRÍA QUE RESOLVER PRIMERO LA MOTIVACION DEL CLIENTE PARA ACOMETER ECONOMICAMENTE LA INSTALACION. Y EL MONTO DE LAS SUBVENCIONES QUE POR PARTE DEL ESTADO SE PODRÍA AFRONTAR.

PARA LOS PARQUES FV, PARA LOS SECTORES INDUSTRIAL Y COMERCIAL ES MAS FACTIBLE PROMOVER EL ENTENDEIMIENTO DE LA NECESIDAD DEL APOORTE FV A LA SUSTITUCION DE GENERACION ELECTRICA EN UN MARCO DE MEDIANO Y LARGO PLAZO, DE HACER NECESARIAMENTE ACOMETER DESDE AHORA EN BASE AL COSTO FÓSIL EVITADO.

PARA AUMENTAR LA PENETRACIÓN E INTEGRACIÓN SE PROPONEN EN FORMA DETALLADA ACCIONES Y MEDIDAS AL RESPECTO: 8 DE CORTO PLAZO, 9 DE MEDIANO PLAZO, Y 4 DE LARGO PLAZO.

AL FINAL DE LA VIDA UTIL SE PUEDE RECICLAR O RECUPERAR: 1- UNA BUENA PARTE DE MATERIAL SEMICONDUCTOR, POR EJEMPLO EL SILICIO, 2- EL VIDRIO, 3- METALES FERROSOS Y NO FERROSOS UTILIZADOS EN DICHOS MÓDULOS. 4- LOS MARCOS DE ALUMINIO DEL MÓDULO, 5- LAS CAJAS DE CONEXIÓN QUE SON DESMANTELADOS MANUALMENTE. 6- LA NO REPETICION DE MOVIMIENTO DE TIERRA. 7- REUTILIZACION DE ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA (CERCAS, CAMINOS, ETC), 8- UTILIZACION DE LA PROPIA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE O EN SU DEFECTO CONVERTIRLA EN CHATARRA COMERCIAL. 9-, POSIBLE REUTILIZACIÓN DE LAS FIJACIONES AL SUELO O CUBIERTA. ENTRE OTROS ASPECTOS QUE TRIBUTAN A UN VALOR RESIDUAL DE LOS SISTEMAS FV AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL QUE NO HAN SIDO TENIDOS EN CUENTA COMO DISMINUCION DE LOS COSTOS FV.

POR ESTA RELACIONADO DE ALGUNA FORMA INTEGRALMENTE CON EL OBJETIVO DEL TRABAJO, SE BRINDAN ELEMENTOS SOBRE: EL DESARROLLO MUNDIAL ACTUAL.

LA CELDA FV, PREDOMINIO DEL SI-C, EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN, PRODUCCIÓN EN % POR TIPO DE CELDAS, EFICIENCIAS, COSTOS Y PRONOSTICOS.

LOS MÓDULOS (PANELES) FV, COSTOS, EFICIENCIAS, PRODUCCION, LIDERES.



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



INSTALACIÓN FV MUNDIAL ANUAL EN MW.

INSTALACIÓN FV MUNDIAL ACUMULADA EN MW.

INSTALACIÓN FV ACUMULADA POR PAÍSES EN MW.

PRONÓSTICO DE PRIMEROS PAÍSES EN INSTALACIONES FV EN PRÓXIMOS 5 AÑOS, ENTRE 2015-2019.

PRONÓSTICO DE PRIMEROS PAÍSES EN INSTALACIONES FV ACUMULADAS PARA EL AÑO 2019

PRONOSTICO DE INSTALACIONES FV EN 2019 POR REGIONES

EL PRONÓSTICO DE INSTALACIONES FV PASAN DE 184 000 MW EN 2014 A UNOS 490 000 MW PARA EL 2019.

SITUACION EN AMÉRICA LÁTINA Y EL CARIBE (AL-C)

PROPONICION SOBRE UNA INTEGRACION DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE EN ENERGIA FOTOVOLTAICA (ESTRATEGIA Y METAS, ANTECEDENTES, OBJETIVO, ACCIONES, OPORTUNIDADES, COMPLEMENTARIEDAD, ALIANZAS, FACTIBILIDAD Y PASOS, PARTICIPANTES.

DR.C. DANIEL STOLIK
PRESIDENTE
CONSULTORIA FV IMRE-UH

BIBLIOGRAFÍA

- ILF CONSULTING ENGINEERS. LARGE SCALE PHOTOVOLTAIC/DIESEL HYBRID SYSTEMS RENEWABLE ENERGY FORUM, HANNOVER MESSE, 09.04.2014
- PDF REMAP 2030. IRENA JUNE 2014
- LA TARIFA SOCIAL DE LA ENERGÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. MERCEDES CANESE. ORGANIZACIÓN LATINOAMERICANA DE ENERGÍA (OLADE) 2013
- GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS 2014-2018. EPIA. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION . 2014. GAËTAN MASSON (ICARES CONSULTING), SINEAD ORLANDI, MANOËL REKINGER.
- RENEWABLE POWER GENERATION COSTS IN 2014. IRENA. JANUARY 2015.
- IRENA (2015), RENEWABLE ENERGY PROSPECTS: UNITED STATES OF AMERICA, REMAP 2030 ANALYSIS. IRENA, ABU DHABI. JANUARY 2015
- DEFINICIÓN DEL MARCO PROFESIONAL DE INSTALADORES FOTOVOLTAICOS Y DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE FORMACIÓN. REALIZADO POR EPIA, JUNIO 11 , REVISADO SEP 11. Contract N°: IEE/09/928/SI2.558379
- CURRENT AND FUTURE COST OF PHOTOVOLTAICS LONG-TERM SCENARIOS FOR MARKET DEVELOPMENT, SYSTEM PRICES AND LCOE OF UTILITY-SCALE PV SYSTEMS STUDY. FRAUNHOFER-INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS (ISE). FEBRERO 2015.
- POWER-MANAGEMENT STRATEGIES FOR A GRID-CONNECTED PV-FC HYBRID SYSTEMS T.KRANTHI KUMAR , RATNARAJU , APPARAO. INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & ENGINEERING RESEARCH, VOLUME 2, ISSUE 12, DECEMBER-2011
- LA ENERGÍA EN 2012 ADAPTARSE A UN MUNDO CAMBIANTE BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY JUNIO DE 2013/ LA ENERGÍA EN 2012 ADAPTARSE A UN MUNDO CAMBIANTE



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



- TECHNOLOGY ROADMAP SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY. 2014 EDITION. IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY.
- MAXIMUM PHOTOVOLTAIC PENETRATION LEVELS ON TYPICAL DISTRIBUTION FEEDERS. PREPRINT .ANDERSON HOKE, REBECCA BUTLER, JOSHUA HAMBRICK, AND BENJAMIN KROPOSKI *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE ENERGY*
- ANDREW YIP. PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY (PG&E). PG&E HIGH PENETRATION SOLAR PV CURRENT STATUS AND RESEARCH. 2013
- GLOBAL MARKET OUTLOOK FOR PHOTOVOLTAICS 2013-2017. EPIA. EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION . 2013.
- REACTIVE POWER AND GRID INTEGRATION.WITH SUNNY MINI CENTRAL AND SUNNY TRIPOWER. TECHNICAL INFORMATION. VERSION 1.0
- REPORTE ERNC RESUMEN 2014. ERNC EN CHILE 2014: Patricio Goyeneche Rojas AÑO DEL DESPEGUE. CIFES. CHILE
- GETTING A GRIP ON THE ELECTRICAL GRID. Scott Backhaus and Michael Chertkov/STARGARD SZCZECINSKI. PHYSICS TODAY MAY 2013
- UP-TO-DATE LEVELISED COST OF ELECTRICITY OF PHOTOVOLTAICS BACKGROUND FROM FRAUNHOFER ISE RELATING TO IPCC WGIII 5TH ASSESSMENT REPORT, FINAL DRAFT, Dr. Simon P. Philipps, Christoph Kost, Dr. Thomas Schlegl. SEPTEMBER 2014
- GERMAN PERSPECTIVES ON FUTURE ENERGY SYSTEM CHALLENGES BY PHOTOVOLTAIC. FRANK MARTEN, FRAUNHOFER IWES
- EL FOTOVOLTAICO Y LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO: EL ASUNTO DE LAS FLUCTUACIONES DE POTENCIA. E. LORENZO, J. MARCOS, L. MARROYO. RETRATOS DE LA CONEXIÓN FOTOVOLTAICA A LA RED (XVII):

ARTÍCULOS EN REVISTAS CIENTÍFICAS SOBRE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DEL DR. DANIEL STOLIK

- “Cuando la Única Energía es el Sol” (Estado del arte fotovoltaico, de 90 Pág. Y 224 referencias bibliograficas). Publicado por la Universidad Politécnica de Madrid. Junio 1992.
- “ Estado actual y perspectivas de la energía fotovoltaica”. Revista Cubana de Física. Vol.13, No.1, Pág. 5-70 (único artículo que cubre la revista completa). (1993).
- “Solar Energy Conversión Perspectives”. Proceedings of the International Workshop on Optoelectronic materials and their application. Febrero 1993. Pag 71-83.(Idioma ingles).
- “Thermally Stimulated Current Studies on CdS Polycrystalline Thin Films”. American Institute of Physics Conference. Proceedings 378. Surfaces, Vacuum and their Applications, Cancun, Mexico, pag 193-197 (Sept. 1994).
- “Future of Photovoltaic Materials and All-Thin-Film Devices”, American Institute of Physics Conference. Proceedings 378. Surfaces, Vacuum and their Applications, Cancun Mexico, pag 363-367 (Sept. 1994).
- “Decisiones que abrieron las puertas a las fuentes de energías renovables en Cuba. Revista “Energía y tu” No. 52 , oct-dic 2008. Edición Cubasolar.
- Dos sabias decisiones sobre generación eléctrica distribuida”. Juventud Técnica. Editora abril en soporte electrónico. Enero 30 2012.
- “Necesidad de un programa fotovoltaico para Cuba”. *Argumentos hacia la producción y utilización creciente de sistemas solares fotovoltaicos en el país*. Revista Energía y Tú. No 53 enero-marzo 2011.
- “100 preguntas y respuestas sobre la energía FV” Primera parte Revista “Energía y tu” No. 58. Abril -junio 2012
- “Segunda parte de 100 preguntas y respuestas sobre la energía FV” Revista “Energía y tu” No. 59. Julio - septiembre 2012
- “Perspectivas y retos científico-técnicos-productivos de América Latina y el Caribe para el desarrollo de la energía fotovoltaica”. REVISTA MEXICANA DE FÍSICA S 59 (2) 56–65



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



- “LA ENERGIA FV: oportunidad y necesidad para Cuba”. Revista Economía y Desarrollo”, Número 2 de 2014 (julio-dic 2014).
- “La penetración de la energía fotovoltaica”. No. 65 enero-marzo 2014 Revista Energía y Tu Cubasolar.
- “La FV vs ciclones” No. 69 octubre-diciembre 2014. Revista Energía y Tu. Cubasolar..
- “La FV en el 2014” No. 70 enero-marzo 2015.. Revista Energía y Tu. Cubasolar.

MÁS DE 30 ARTÍCULOS, TRABAJOS Y DICTAMENTES INTERNOS O CIRCULADOS EN SOPORTE DIGITAL SOBRE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DEL DR. STOLIK

TRABAJOS RELACIONADOS CON LOS TEMAS PRESENTADOS EN CONFERENCIAS. **SE RELACIONAN SOLO LOS DEL AÑO 2014**

“**La Energía FV**” Conferencia principal en el Simposio de la **Sociedad Cubana de Física**. Marzo 17 , 2014

Organizador, conductor y relator del 4to Taller Cuba FV de marzo: Conferencias de Stolik”: - .Estado actual y perspectivas de las celdas de silicio. - Diseño de estructuras FV. - La penetración FV en condiciones de red eléctrica estable. Alternativas de financiamientos de un programa FV. - La FV “del lado del cliente” Y proposición de programa para Cuba.

Conferencia magistral sobre el Estado del arte FV en el ESIME del Instituto Politécnico Nacional de México. Junio 2014

Conferencia magistral sobre los costos del kWh FV en el INEL-UNE. Marzo 2014

Conferencias en el curso de energía FV 5to año de la facultad de Física.

Conferencia magistral a ingenieros de todo el país en evento organizado por la ONURE de la UNE octubre 2014

Profesor conferencista del Diplomado en Energía FV de la Escuela de Veranos del IMRE.JULIO 2014 Sobre la FV

Conferencias sobre Estado del arte y problemas financieros FV nov. 28- 29, 2014 Jornada científica del INIE. MEP

Estudio y presentación en abril 2014 ante el grupo presidido por R. Valdés del tema Proposición de “Estrategia del programa FV Nacional hasta el año 2030”.

Conferencia sobre costos FV taller del INEL-UNE. Noviembre 29

Conferencia en el evento SENA E de Cubaenergía Hotel Riviera, octubre 2014

Organizador del la Red FV – MES , evento próximo 10 de diciembre.

OTRAS ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LOS TEMAS. **SE RELACIONAN SOLO LOS DEL AÑO 2014**

Miembro del tribunal de los trabajos presentados en la Jornada Científica sobre energía Renovable de la Provincia Habana.

Entrevista “sueño con la soberanía electroenergética ” en el periódico Granma sobre la FV el sábado 1ro de febrero 2014

Miembro de la Comisión Nacional de Expertos por el CITMA y el MINEM para el desarrollo C-T de las FRE.

Coordinador científico del Proyecto de “Economía energética: Transformación de la matriz energética cubana” del INIE MEP.

Seleccionado miembro del Grupo Nacional del CITMA evaluador de líneas priorizadas en Fuentes de Energía.

Seleccionado como experto en energía FV a nivel nacional del Programa: “Desarrollo Sostenibles de las Fuentes de Energías Renovables”



CONSULTORIA FV
PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



Asesoría a Cubaelectrónica sobre la FV.

Preside la consultoría FV del laboratorio FV del IMRE y ponente en el sitio WEB de vigilancia tecnológica del IMRE. .

Entrevista el sábado 26 de octubre 2014 “de cara al futuro FV” en el periódico Granma.

INDICE

OBJETIVO

INTRODUCCIÓN

EL ESCENARIO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍAS FV EN EL MUNDO

PARTES Y COSTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FV EN BASE SI-C. 1.- PARTES CONSTITUTIVAS DE LA INSTALACION INICIAL: 2.- COSTOS POSTERIORES 3.- COSTOS DE CAPITAL

CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN E INFRAESTRUCTURA.

PROBABILIDADES DE RIESGOS VS HURACANES. PROBABILIDAD 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 PROBABILIDAD TOTAL FINAL INTEGRAL. OTROS ASPECTOS. EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN DAÑO POR HURACANES..

CONCLUSIÓN SOBRE RIESGOS VS COSTOS FV ANTE HURACANES.
COSTOS DE LOS SISTEMAS FV EN CUBA VS MEJORES PRÁCTICAS.

INFLUENCIA DE INSTALACIÓN Y MONTAJE EN LOS COSTOS FV: ESTRUCTURAS, INFRAESTRUCTURA . INSTALACIÓN Y MONTAJE, PLANEACIÓN Y DOCUMENTACIÓN, COSTOS TOTALES DE LA PARTE CONSTRUCTIVA.

SELECCIÓN DE SITIOS PARA LAS INSTALACIONES FV.

ORIENTACION DE LOS PANELES

LAS FIJACIONES: FIJACIÓN DEL MÓDULO A LA ESTRUCTURA METÁLICA SOPORTE. RESISTENCIA DE LA PROPIA ESTRUCTURA. FIJACIÓN DE LA ESTRUCTURA AL SUELO O CUBIERTA.

SOBRE SISTEMAS FV EN TECHOS, CUBIERTAS Y SUELO.

INSTALACIONES FV. UBICACIÓN, PROPÓSITOS, 1.- PARQUES (PLANTAS FV). 2.- DEL LADO DEL CLIENTE. EVOLUCIÓN, PARQUES EN SUELO, DEL LADO DEL CLIENTE, RESIDENCIAL IMPERMEABILIZACIÓN DE TECHOS Y CUBIERTAS, INDUSTRIAL Y COMERCIAL

PENETRACIÓN E INTEGRACIÓN FV EN CUBA:

CORTO PLAZO:1.- GENERACIÓN ELÉCTRICA DESDE LOS BORDES DE LA RED. 2.- GENERACIÓN DISTRIBUIDA BIEN DISPERSA. 3.- PRIORIZAR LUGARES DE MAYOR CONSUMO DIURNO. 4.- UTILIZAR AL MÁXIMO EL AUTOCONSUMO FV. 5.- EN SITIOS DE SOLO INYECCIÓN, PARQUES FV. 6.- EXPLOTAR AL MÁXIMO LA ACUMULACIÓN NATURAL 7.- EXPLOTAR AL MÁXIMO LA CORRESPONDENCIA CARGA-RADIACIÓN. 8.- AUMENTAR EL DESARROLLO EN INDUSTRIAS DE LABORES DIURNAS.

MEDIANO PLAZO: 9.- MODERNIZAR EL ESTADO DE LA RED. 10.- UTILIZAR AHORRADORES DIESEL ELECTRÓGENOS – FV.11.- COMBINAR LA FV CON OTRAS FRE. (EÓLICA, HIDRO, BIOELÉCTRICAS). 12.- INTRODUCIR AL MÁXIMO LA AUTOMATIZACIÓN. 13.- INCLUIR POSIBILIDADES DE PROYECTAR MICRO REDES. 14.- TENDER A CONVERTIR EL SEN EN RED INTELIGENTE. 15.- INTRODUCIR “GENERACIÓN INTELIGENTE” DE PLANTAS FLEXIBLES. 16.- MITIGAR FLUCTUACIONES DE LA RED VÍA INVERSORES. 17.- DESARROLLAR EL ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

LARGO PLAZO: 18.- DISMINUIR CONSUMOS, DESPILFARROS EN HORAS VESPERTINAS NOCTURNAS. AJUSTAR LAS TARIFAS EN HORAS DE PICO “FATAL”. 19.- GRANDES PLANTAS FV INYECTANDO A TRANSMISIÓN. 20.- INTERCONEXIONES ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN SUBMARINA

EL RECICLAJE EN EL COSTO TOTAL FV

SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL ACTUAL. LA CELDA FV. LOS MÓDULOS (PANELES) FV. INSTALACIÓN FV MUNDIAL ANUAL EN MW INSTALACIÓN FV MUNDIAL ACUMULADA EN MW. PRIMEROS 30 PAISES EN INSTALACIONES FV EN DIC. 2014. PRONÓSTICO DE PRIMEROS PAÍSES EN INSTALACIONES FV EN PRÓXIMOS 5 AÑOS, PRONOSTICO DE INSTALACIONES FV EN 2019 POR REGIONES AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (AL-C)

INTEGRACION DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE EN ENERGIA FOTOVOLTAICA
ESTRATEGIA Y METAS, ANTECEDENTES, OBJETIVO, ACCIONES, OPORTUNIDADES, RADIACION SOLAR.EL SISTEMA FV Y COSTOS. COSTOS DEL kWh FV. PRODUCCIÓN. INSTALACIÓN.
INVESTIGACIONES C-T. TECNOLOGÍA LIDER. COMPLEMENTARIEDAD DE PAISES DE LA REGIÓN.
CUARZO Y ARENA SÍLICE,VIDRIO PLANO. PETROQUÍMICA, COBRE, ACERO, ALUMINIO, ESTAÑO, PLATA, LITIO,



CONSULTORIA FV

PRESIDENTE: Dr. C DANIEL STOLIK
MIEMBROS: Dr. C JULIO C. RIMADA
DRA. C. LIDICE VAILLANT
ING RENE DIAZ



EQUIPOS ELECTRÓNICOS NÍQUEL, INSTALACIONES, COSTOS DE CAPITAL, ALIANZAS EXTRA REGIÓN. PRIMEROS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y PASOS. PARTICIPANTES.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA

RECOMENDAMOS DARLE AL MICONs POR LA CONSULTORIA FV DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIONES INTEGRALES DEL IMRE-FF-UH UN CICLO DE VARIAS CONFERENCIAS SOBRE LA FV, PARA QUE PUEDAN PROFUNDIZAR AUN MÁS EN EL IMPORTANTE OBJETIVO DE DISMINUIR LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE EN UN MARCO DE UN ESTUDIO MÁS INTEGRAL AL RESPECTO, CON VISTAS A CONCRETARLO.