

INFORME TÉCNICO DE
DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS
PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y
DETENCIÓN
PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.		Rev:	1.0
			Fecha:	29/08/2019
			Página	2

1. RESUMEN.....	3
2. ASPECTO NORMATIVO	3
3. ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR	4
4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR	9
6. JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.....	11
7. CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO	11
8. CONCLUSIONES.....	12
9. ANEXO 1	13

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.	Rev:	1.0
		Fecha:	29/08/2019
		Página	3

1. RESUMEN

El presente informe tiene por finalidad establecer los parámetros de los procesos de partida y detención del Parque Fotovoltaico Uribe Solar, basado en los criterios establecidos en el ANEXO TÉCNICO: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DE UNIDADES GENERADORAS.

2. ASPECTO NORMATIVO

El Anexo Técnico de Determinación de Parámetros para los procesos de partida y detención de unidades Generadoras, establece en su Artículo 10 que la Empresa Generadora deberá proporcionar a la DO los antecedentes que respaldan los parámetros de los procesos de partida y detención informados, incluyendo los supuestos y metodologías utilizadas para establecer dicho valor, los que deberán recoger las recomendaciones entregadas por el fabricante y antecedentes operativos que hayan sido registrados durante la operación de la respectiva unidad generadora.

El Informe Técnico que respalda los parámetros de partida y detención, consiste en un documento que describe los registros de operación, supuestos, metodologías, alcances de la aplicación de estas metodologías, y conclusiones bajo los cuales se establecieron dichos parámetros.

Este informe debe contener, al menos, la siguiente información:

- a) Información técnica, recomendaciones del fabricante y antecedentes internacionales de unidades de similares características.
- b) Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- c) Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

3. ANTECEDENTES TÉCNICOS DE DISEÑO PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR

El parque fotovoltaico URIBE SOLAR está compuesto por 24 inversores de 2.200 KW de potencia nominal cada uno, conformando un total de 52.8 MW. Los inversores son provistos por el fabricante POWER ELECTRONICS, modelo FS2200CH. Estos inversores se vinculan a la red de 33 kV a través de transformadores de 2.415 KVA de relación 33/0.44 kV y mediante tres circuitos colectores que se conectan en la subestación transformadora S/E URIBE SOLAR. En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar del parque fotovoltaico URIBE SOLAR:

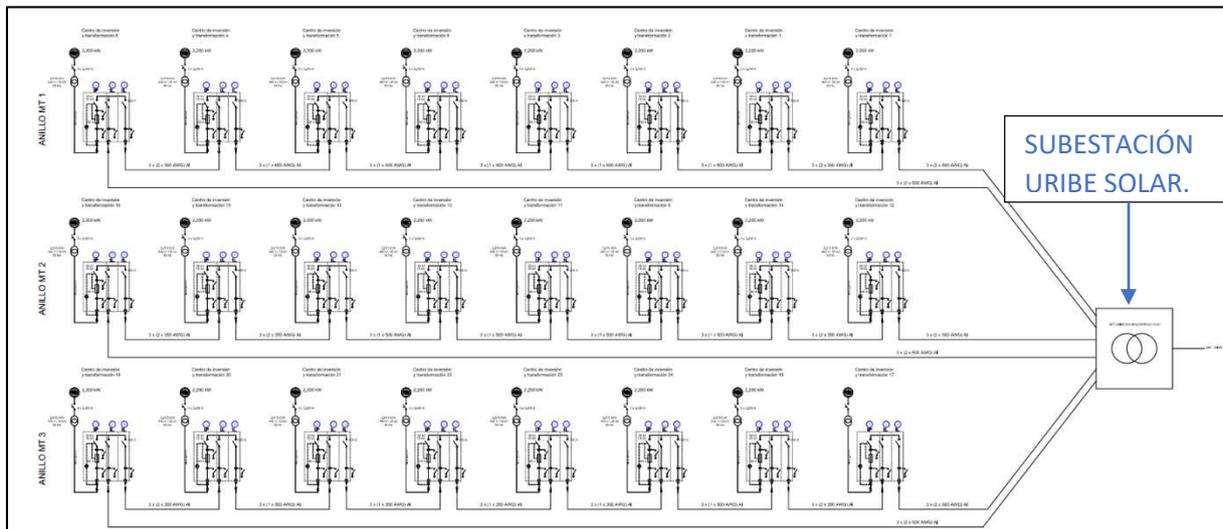


Imagen 1: Diagrama unifilar parque fotovoltaico Uribe Solar.

En la siguiente página podemos ver un esquema que muestra cómo está configurada la subestación URIBE SOLAR, así como la disposición de los medidores de energía de los cuales obtenemos los datos de potencia requeridos.

Las especificaciones del panel se muestran en la siguiente tabla:

ELECTRICAL DATA @ STC	TSM-305 PC14	TSM-310 PC14	TSM-315 PC14
Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)	305	310	315
Power Output Tolerance- P_{MAX} (W)	0/+5	0/+5	0/+5
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	36.6	37.0	37.1
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	8.33	8.38	8.51
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	45.5	45.5	45.6
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	8.81	8.85	9.00
Module Efficiency η_m (%)	15.7	16.0	16.2

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
Average efficiency reduction of 4.5% at 200 W/m² according to EN 60904-1.

ELECTRICAL DATA @ NOCT	TSM-305 PC14	TSM-310 PC14	TSM-315 PC14
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	227	231	235
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	34.0	34.3	34.3
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	6.68	6.72	6.83
Open Circuit Voltage- U_{OC} (V)	42.2	42.2	42.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	7.11	7.15	7.27

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA	
Solar cells	Multicrystalline 156 × 156 mm
Cell orientation	72 cells (6 × 12)
Module dimensions	1956 x 992 x 40 mm
Weight	22.5 kg
Glass	High Transparency, Anti-Reflective, AR Coated and Heat Tempered Solar Glass - 3.2 mm
Backsheet	White
Frame	Silver Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 65 or IP 67 rated
Cables	Photovoltaic Technology cable 4.0 mm ² , 1200 mm
Connector	MC4 Compatible

Tabla 1: Especificaciones panel TRINA TSM-PC14

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.	Rev:	1.0
		Fecha:	29/08/2019
		Página	7

Las principales características del inversor POWER ELECTRONICS, modelo FS2200CH se resumen en la siguiente tabla:

HEC PLUS 440VAC

TECHNICAL CHARACTERISTICS

		440VAC - MPPT Window 623V-900V					
		FRAME 2		FRAME 3		FRAME 4	
NUMBER OF MODULES		5	6	7	8	9	10
REFERENCE		FS1112CH	FS1331CH	FS1550CH	FS1770CH	FS1991CH	FS2200CH
OUTPUT	AC Output Power(kVA/kW) @50°C ^[1]	1110	1330	1550	1770	1990	2200
	AC Output Power(kVA/kW) @25°C ^[1]	1220	1460	1710	1950	2190	2440
	Max. AC Output Current (A) @25°C	1600	1920	2240	2560	2880	3200
	Operating Grid Voltage(VAC)	440Vac					
	Operating Range, Grid Frequency	50Hz/60Hz					
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% at any load condition					
INPUT	Power Factor (cosine phi) ^[2]	0.00 leading - 0.00 lagging adjustable / Reactive Power injection at night					
	Power Curtailment (kVA)	0..100%/0.1% Steps					
	MPPT Voltage Window (VDC) ^[3]	623V-900V					
	MPPT window @full power (VDC) ^[3]	642V-820V @50°C / 712V-820V @25°C					
	Maximum DC and Starting voltage	1000V					
	Max. DC continuous current (A)	1750	2100	2450	2800	3150	3500
EFFICIENCY & POWER SUPPLY	Max. DC short circuit current (A)	2275	2730	3185	3640	4095	4550
	Max. Efficiency PAC, nom (η)	98.6%		98.6%		98.6%	
	Euroeta (η)	98.3%		98.4%		98.4%	
	Max. Standby Consumption (Prnight)	< approx. 40W/per module					
	Control Power Supply	400V/230VAC-1kVA user power supply available, Optional 6kVA					
	Max. Power Consumption	2300W	2760W	3220W	3680W	4140W	4600W
CABINET	Max. Apparent Power (VA)	4800VA	5600VA	6500VA	7300VA	8200VA	9000VA
	Dimensions [WxDxH] [mm]	3900x1050x2400		4900x1050x2400		5900x1050x2400	
	Weight (kg)	3540	3850	4590	4900	5640	5950
	Air Flow	Intake through lower part blown out through upper side					
	Type of ventilation	Forced air cooling					
	Degree of protection	IP54					
ENVIRONMENT	Permissible Ambient Temperature	-30°C ^[4] to +60°C / >50°C Active Power derating					
	Relative Humidity	0% to 100% non condensing					
	Max. Altitude (above sea level)	4000m; >1000m power derating					
	Noise level ^[4]	< 70 dBA					
CONTROL INTERFACE	Interface	Alphanumeric Display / Optional FreeSun App					
	Communication	RS232 / RS485 / USB / Ethernet, (Modbus RTU Protocol, Modbus TCP/IP)					
	Analogue Inputs	1 programmable and differential inputs; (0-20mA or ± 10mV to ± 10V) and PT100					
	String Supervisor Communication	RS485 / Modbus RTU					
	Plant Controller Communication	Ethernet / Modbus TCP/IP					
	Digital Outputs	1 electrically-isolated programmable switched relays (250VAC, BA or 30VDC, BA)					
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	Floating PV array: Isolation Monitoring per MPP Grounded PV array (Positive pole and negative pole): GFDI protection PV Array transfer kit: GFDI and Isolation monitoring device (requires 1 Digital Output)					
	Humidity control	Active Heating					
	ON / OFF Pushbutton	Standard					
	General AC Protection & Disconn.	Circuit Breaker					
	General DC Protection & Disconn.	Optional External Disconnecting Unit Cabinet					
	Module AC Protection & Disconn.	AC contactor & fuses					
	Module DC Protection & Disconn.	DC contactor & DC fuses					
	Overvoltage Protection	AC, DC Inverter and auxiliary supply type 2 - Internal Standard					
	DC Lightning Protections	Optional (Integrated in the inverter)					

NOTES [1] Values at 100% Vac nom and cos φ= 1. Consult Power Electronics for derating curves.
[2] Consult P-Q charts available: Q(kVAR)=√(S(kVA)²-P(kW)²)
[3] Below +20°C equipped with extended Active Heating + Heating Resistor.
[4] Sound pressure level at a distance of 1m from the rear part.

Tabla 2: Principales características del inversor POWER ELECTRONICS, modelo FS2200CH

La red interna de media tensión del parque está compuesta por 24 cabinas, cada una de las cuales cuenta con 1 inversor y 1 transformador. Cada transformador de bloque cuenta con un lado de baja tensión de 440 V y en un lado de alta tensión de cada transformador de 33 kV de tensión y de una potencia de 2.415 KVA.

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.	Rev:	1.0
		Fecha:	29/08/2019
		Página	8

Las principales características de estos transformadores se resumen en la siguiente tabla:



TRANSFORMER TYPE: 2415 /36/33 0,440 O-PB
STANDARD : IEC 60076
FREQUENCY : 50 Hz
ELECTRICAL FEATURES
INSULATION LEVEL VOLTAGE :
HIGH VOTAGE: 36 KV
LOW VOLTAGE : 1,1 KV

POWER RATING (MVA)		2,415
VOLTAGE (V)	PRIMARY	33000
	SECONDARY	440
	NO LOAD	
PRIMARY TAP		±2.5 ± 5 %
VECTOR GROUP		Dy11
RATED CURRENT HV (A)		42,25
RATED CURRENT LV (A)		3168,9
NO LOAD LOSSES (W)		3695 + 15%
LOAD LOSSES (W)		25565 + 15%
SHORT CIRCUIT VOLTAGE %		6 ± 10%
NO LOAD CURRENT LV 100 % Un (A)		4,44 + 30%
NO LOAD CURRENT HV 100 % Un (A)		0,06 + 30%
Resistance, R (Ω/phase) LV		0,00031
Reactance, X (Ω/phase) LV		0,0018
SOUND LEVEL dB (A)		76
X/R ratio		5,88
Positive sequence resistance (RT) 75°C %		0,89
Positive sequence reactance (XT) 75°C %		5,22
Inrush current (or B/H curve)		7,5
50% decaying time constant (s)		0,3
VOLTDROP AT	cos φ = 1	1,23
FULL LOAD (%)	cos φ = 0.8	4,47
	LOAD cos φ = 1	98,80
EFFICIENCY (%)	100% cos φ = 0.8	98,51
	LOAD cos φ = 1	99,01
	75% cos φ = 0.8	98,77
	LOAD 50% cos φ = 1	99,17
	50% cos φ = 0.8	98,97
COOLING METHOD		ONAN
INSULATION LEVEL		
HV /LV POWER FREQ. TEST VOLTAGE (KV)		.70/10
HV /LV IMPULSE TEST VOLTAGE (KV)		170/30
INDUCED POTENCIALTEST (KV)		0,880
HEATING :		
WINDING TEMPERATURE (K)		62
TOP OIL TEMPERATURE (K)		57
Tamb max at 1000 m of altitude (°C)		40
COILS	Aluminum / Aluminum	
TYPE OF TANKING		CORRUGATED HERMETICALLY SEALED HERMETIC AND INTEGRAL FILING
ENCLOSURE LEVEL		IP 54
CORROSIVE LEVEL		C4
COLOR FINISH		RAL 1014
DIMENSIONS	LENGHT (mm)	2096 ± 15mm
	WIDTH (mm)	1496 ± 15mm
	HEIGHT WITHOUT WHEELS (mm)	2000 ± 15mm
	HEIGHT WITH WHEELS (mm)	2165 ± 15mm
CLEARANCES (mm)		at least 100 mm
OIL	(Litres)	1342
WEIGHT	(Kgr)	5814

Tabla 3: Principales características de los transformadores de media tensión.

4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PARTIDA Y DETENCIÓN DEL FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR

EL día 17 de octubre de 2018 con presencia de recurso de radiación solar normal y la generación a potencia nominal de 50MW, se realizó el ensayo de medición de los tiempos de partida y detención del parque fotovoltaico.

Primero se detectó el tiempo de detención del parque, para ello se ingresó una consigna de potencia activa 0 MW en el PPC (Power Planta Controller), esta consigna es enviada desde el PPC hasta cada uno de los 24 inversores, los cuales reciben la orden y empiezan su descenso en la generación a razón de 10 MW/min, tardando en este proceso menos de 12 minutos para llegar al mínimo de generación de 0 MW.

En la siguiente imagen se puede observar el momento que se ingresa la consigna de generación cero (línea verde) en la PPC y al muy poco tiempo después se observa el descenso constante de la generación de la planta (línea rojo).

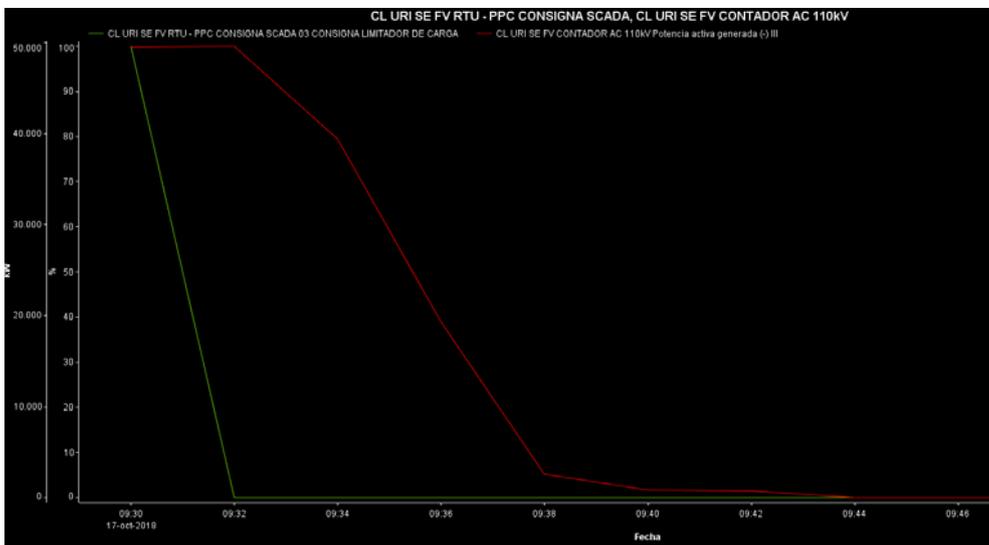


Imagen 3: Disminución de la generación al ingresar consigna de potencia activa CERO.

Una vez detenida la generación por completo, se ingresa nuevamente consigna de 100% de potencia activa para llegar a la potencia inicial y en menos de 4 minutos la

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.	Rev:	1.0
		Fecha:	29/08/2019
		Página	10

nueva información es entregada desde la PPC a los equipos y se inician el proceso de arranque y toma de generación según su curva de carga establecida.

En la siguiente imagen se observa la consigna de la PPC al 100% (línea verde) y se puede apreciar al poco tiempo después en el que se inicia a incrementarse la generación en la planta.

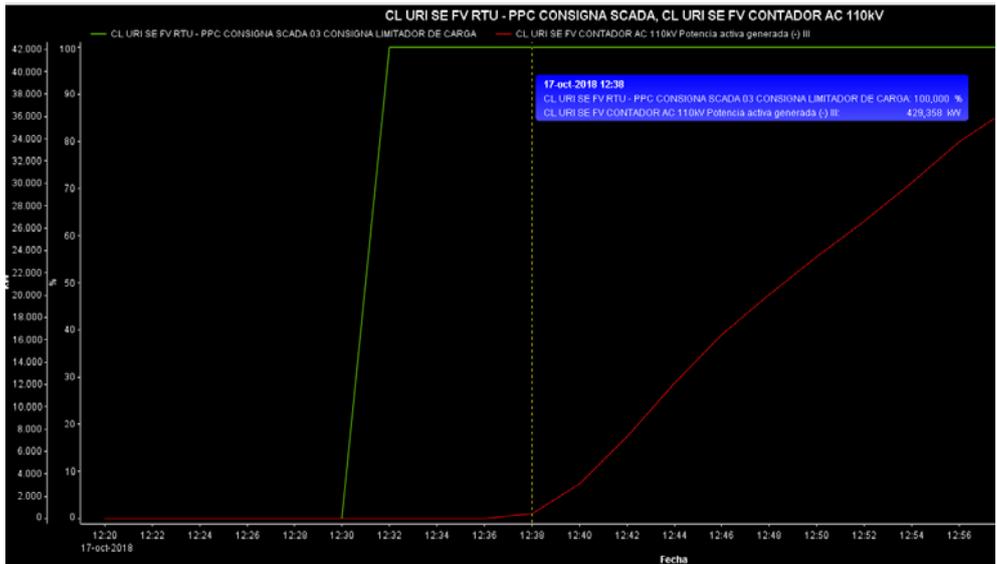


Imagen 4: Proceso de partida de los inversores después del incremento de la consigna de potencia activa.

5. ANTECEDENTES DE OPERACIÓN DE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR

Los siguientes antecedentes de operación, consisten en las medidas de potencia de mínimo técnico realizados el día 8 de abril de 2019, en los que se muestran distintos niveles de generación del parque fotovoltaico, desde una potencia de 42,41 MW hasta su valor de mínimo técnico establecido en 0 MW. De acuerdo a los valores registrados, se constata que el parque fotovoltaico URIBE SOLAR tiene un nivel de 0 MW de mínimo técnico.

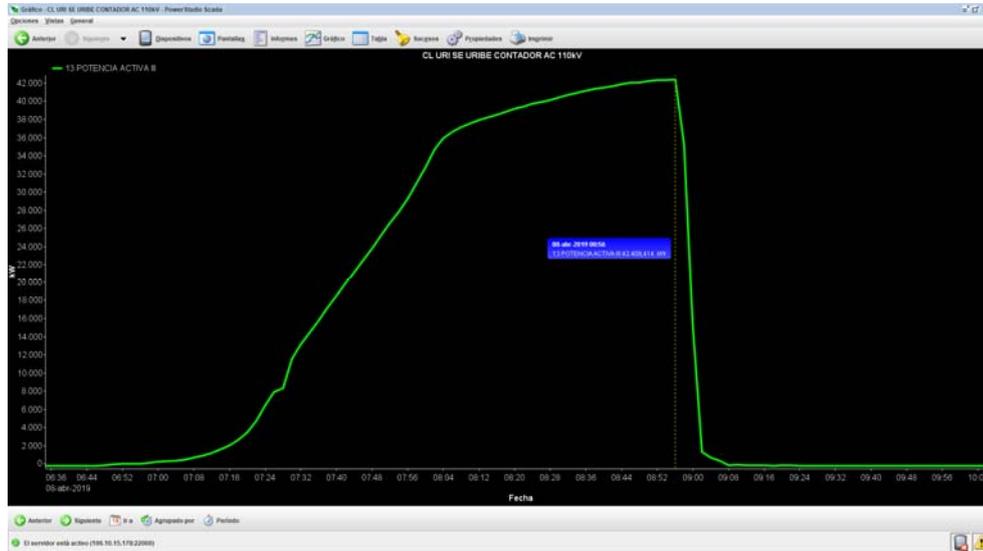


Imagen 5: Registro técnico Parque PV Uribe Solar.

6. JUSTIFICACIONES QUE DESCRIBEN FUENTES DE INESTABILIDAD DEL PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR

De acuerdo al registro de potencia realizado el día 8 de abril de 2019, se constata que el parque fotovoltaico URIBE SOLAR puede generar en todo el rango definido entre los valores de mínimo técnico de 0 MW hasta su potencia nominal, por lo que no se han realizado hallazgos de inestabilidad.

7. CONSUMO DE POTENCIA EN SISTEMAS AUXILIARES EN CADA ETAPA Y CON SU RESPECTIVO TIEMPO

De acuerdo a lo especificado en el Artículo 6 del Anexo Técnico “Determinación de Parámetros para los Procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras” se indican a continuación los datos de consumos auxiliares del parque fotovoltaico Uribe Solar, para los distintos estados de partida o detención:

	PARÁMETROS PARA LOS PROCESOS DE PARTIDA Y DETENCIÓN PARQUE PARQUE FOTOVOLTAICO URIBE SOLAR.	Rev:	1.0
		Fecha:	29/08/2019
		Página	12

- Cantidad y tipo de combustible utilizado en el proceso de partida.

El parque fotovoltaico Uribe Solar no utiliza ningún tipo de combustible en sus procesos de partida y detención.

- Energía eléctrica consumida durante el proceso de partida.

Durante el proceso de partida del parque fotovoltaico Uribe Solar, se requieren 240kW

Por lo tanto, la energía consumida en servicios auxiliares, considerando la puesta en marcha simultánea de todos los inversores del parque, se puede desglosar de la siguiente manera:

- Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 0 kWh.
- Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 kWh.
- Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 240 kW.

Tiempo requerido para el proceso de partida: De acuerdo a lo indicado en el punto 6 del presente informe, el tiempo requerido para el proceso de partida, entendiéndose dicho tiempo como el tiempo requerido desde que se le da orden de arranque a la unidad hasta que esta queda sincronizada y en un valor estable de mínimo técnico, es de 4 minutos. Este tiempo se puede desglosar de la siguiente manera:

- Desde el inicio del proceso de partida hasta sincronización: 4 minutos.
- Desde la sincronización hasta la operación a mínimo técnico: 0 minutos.
- Desde la operación a mínimo técnico hasta la operación a potencia nominal: 10 minutos considerando una tasa de toma de carga de 10 MW/min.
-

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto en el punto 4 del presente informe, se concluye que los parámetros de los tiempos de partida y detención del parque fotovoltaico Uribe Solar corresponden a 16 minutos, desde que el operador emite la orden de partida o la orden de detención.

