

# Mantenimiento Predictivo

## Inspección de Multiplicadora mediante Videoendoscopio

Gamesa G114

<b>Ciente:</b>			
<b>Parque eólico:</b>		<b>Multiplicadora:</b> Gamesa GE 2000 PL	
<b>nº turbina:</b>		<b>N/S:</b> 102243	
<b>Localización:</b> Zaragoza		<b>Tipo aceite:</b> -	
<b>Tipo WTG:</b> Gamesa G114		<b>Producción:</b> - kWh	
<b>Fecha:</b> 23/05/2023		<b>Horas:</b> - h	

**VALORACIÓN GENERAL:**

**LEVE**

	Engranajes	Rodamientos
<b>Etapas Paralelas</b>	NORMAL	LEVE
<b>Etapas Planetarias</b>	NORMAL	NORMAL

Fugas: -    Viruta: ✓    Limpieza: ✗    Ruido/Vib: -    Juntas: ✗    Nivel: ✗

## 1. Objeto

En este informe se recogen los resultados de la inspección mediante video endoscopio de una multiplicadora Gamesa GE 2000 PL perteneciente a un aerogenerador Gamesa G114, situado en Zaragoza.

También se proporcionan conclusiones sobre el estado general de los componentes inspeccionados, así como las recomendaciones aplicables en cada caso.

Los resultados detallados de la inspección se recogen en el anexo adjunto a este informe.

## 2. Personal

Los trabajos han sido realizados por los siguientes técnicos de ER Renovables:

- Oscar Maceiras Pazos.
- Alexandre Domínguez Pose.

## 3. Documentación aplicable

La siguiente documentación es aplicable a este trabajo:

- Procedimiento interno “Procedimiento para la inspección de multiplicadoras de aerogeneradores mediante endoscopio” de ER Renovables.
- Especificaciones técnicas del cliente.
- Manual de mantenimiento de la máquina.
- ANSI/AGMA 1010-E95 (Appearance of Gear Teeth – Terminology of Wear and Failure).
- ISO 15243:2017 (Rolling bearings – Damage and failures – Terms, characteristics and causes).

## 4. Equipos

Para los trabajos de inspección se han utilizado los siguientes equipos:

- Video endoscopio GE XL Detect 4mm x 2m.
- Rigidizador 2m.
- Cámara fotográfica.

## 5. Criterios y valoraciones

Los detalles de la inspección se encuentran recogidos en el anexo de resultados, en donde se indica:

- el componente o elemento inspeccionado,
- la valoración de su estado,
- las observaciones que fuesen oportunas y,
- en caso de encontrar defectos, la severidad el mismo y el número de la fotografía en la que aparece.

Para determinar el estado de los componentes de la multiplicadora inspeccionada, se han empleado los siguientes criterios de severidad de daño:

TIPOS DE DAÑOS, CRITERIOS DE SEVERIDAD Y ACTUACIONES		
<b>NORMAL</b>	Desgaste normal Leves marcas de rodadura	Componente o elemento en buen estado, apto para seguir funcionando de manera normal y eficiente. En ocasiones puede observarse un desgaste propio del funcionamiento normal de la máquina.
<b>LEVE</b>	Desgaste leve Leve micropitting Scoring leve, leve abrasión Atrapamientos, indentaciones puntuales Leves marcas de contacto Scuffing leve, leve adhesión de material Marcas de contacto generalizadas Leve deformación Corrosión puntual	Componente o elemento en el que se han apreciado daños o defectos leves. No impide el funcionamiento normal del equipo, pero puede evolucionar de forma negativa. Debe realizarse un seguimiento de la máquina de forma que se inspeccione por inspección visual, videoendoscopia o vibraciones en un <b>plazo no superior a 2 años</b> .
<b>MODERADO</b>	Desgaste acusado Marcas de rodadura acusadas Micropitting moderado Abrasión acusada, scoring acusado Indentaciones, atrapamientos generalizados Marcas de paso de corriente Atrapamientos fuertes generalizados Deformación acusada Corrosión moderada	Componente o elemento en el que ya se aprecian daños o defectos desarrollados. Estos defectos evolucionarán con seguridad a una categoría superior y pueden poner en peligro a medio plazo la integridad de la máquina, sin embargo, esto no impide el funcionamiento eficaz de la máquina. Debe realizarse un seguimiento de la máquina de forma que se inspeccione nuevamente por inspección visual, videoendoscopia o vibraciones en un plazo <b>no superior a 1 año</b> .
<b>GRAVE</b>	Macropitting Corrosión acusada Scuffing acusado Spalling, desconches con pérdida de material Gran cantidad de virutas metálicas Deformación acusada Cracking, rotura parcial de dientes	Componente o elemento en el que se aprecian con claridad daños o defectos plenamente desarrollados. La máquina puede seguir funcionando, pero ello podría ocasionar un agravamiento muy rápido de los defectos presentes. Debe realizarse una <b>vigilancia estrecha de la máquina (1 a 3 meses)</b> mediante inspección visual, videoendoscopia, vibraciones o planificar una <b>reparación a corto plazo</b> , según la gravedad y localización de los daños.
<b>PELIGRO</b>	Rotura de dientes Ejes desplazados Desconches con importante pérdida de material Rodamientos con elementos rotos (jaulas rotas, pistas fisuradas, etc.)	Existen daños severos en algún componente de la máquina que impiden o afectan gravemente a su buen funcionamiento. De seguir en funcionamiento, con seguridad se producirá un fallo catastrófico que puede dañar uno o más componentes, ocasionar daños a las personas o al medioambiente. <b>Debe ser reparado de forma inmediata</b> .

En función del estado de los componentes inspeccionados se realiza una valoración generalizada del estado de la multiplicadora.

## 6. Desarrollo de los trabajos de inspección

La multiplicadora inspeccionada consta de dos etapas: una planetaria, con corona, tres satélites y solar, seguida de otra etapa de ejes paralelos, con tres ejes y cuatro engranajes.

En este modelo de multiplicadora, el acceso a los componentes internos es limitado, disponiendo de un acceso practicable en la parte superior de la etapa paralela y otro acceso en la parte frontal superior de la etapa planetaria. La nomenclatura empleada en este informe para la identificación de los distintos engranajes y rodamientos es la recogida a continuación:

MULTIPLICADORA ECHESA GE 2000PL		
SITUACIÓN	COMPONENTE	NOMENCLATURA
<b>Engranajes Etapa Paralela</b>	Corona eje lento (engranaje conductor, conectado a etapa planetaria)	LSS
	Piñón eje intermedio (engranaje conducido por E1)	IMS-LSS
	Corona eje intermedio (engranaje solidario a E2, conductor)	IMS-HSS
	Piñón eje rápido (engranaje conducido por E3)	HSS
<b>Rodamientos Etapa Paralela</b>	Rodamiento del eje de la corona LSS, lado lento	LSS-ROT
	Rodamiento del eje de la corona LSS, lado rápido	LSS-GEN
	Rodamiento del eje del conjunto piñón IMS-LSS / corona IMS-HSS, lado lento	IMS-ROT
	Rodamiento del eje del conjunto piñón IMS-LSS / corona IMS-HSS, lado rápido	IMS-GEN
	Rodamiento del eje del piñón HSS, lado lento	HSS-ROT
	Rodamiento del eje del piñón HSS, lado rápido	HSS-GEN
<b>Engranajes Etapa Planetaria</b>	Corona	COR
	Satélite 1	SAT1
	Satélite 2	SAT2
	Satélite 3	SAT3
	Solar	SOL
<b>Rodamientos Etapa Planetaria</b>	Rodamiento Satélite 1	RS1
	Rodamiento Satélite 2	RS2
	Rodamiento Satélite 3	RS3
	Porta Satélites - Lado Rotor	PT-ROT
	Porta Satélites - Lado Generador	PT-GEN

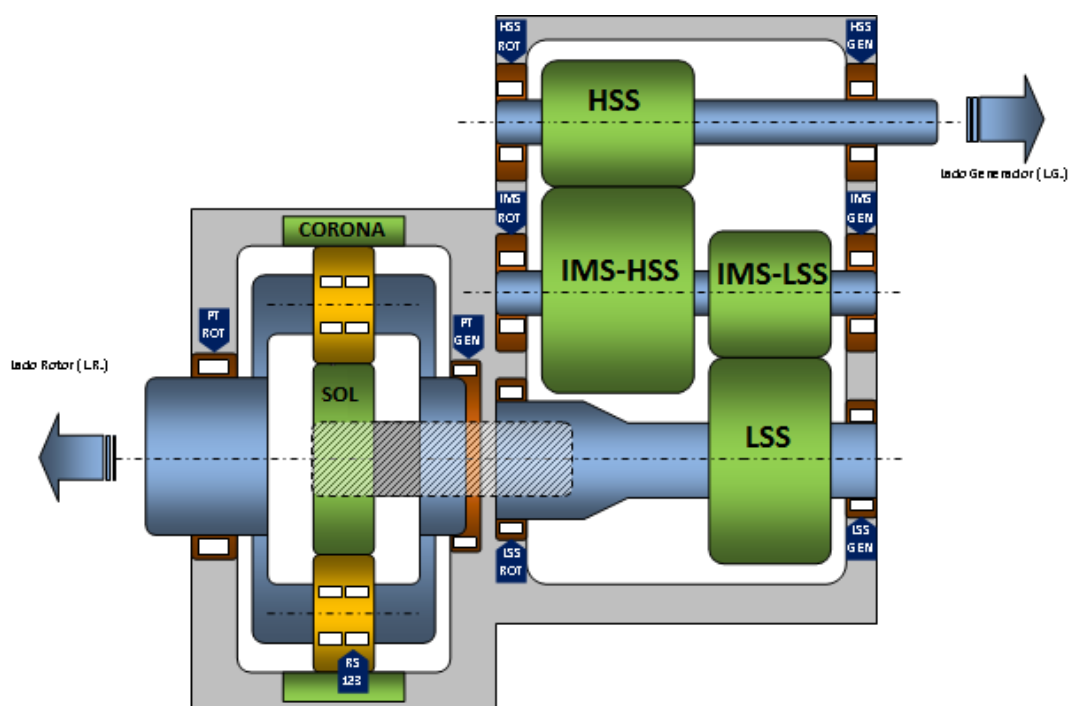


Figura 1. Esquema lateral del interior de la multiplicadora inspeccionada.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

COMPONENTES EVALUADOS	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
<b>Estado de los engranajes.</b> <i>Evaluación del contacto entre dientes, marcas en el engranado, desgastes y daños.</i>	<p>Abrasión leve generalizada en engranado de etapa paralela y planetaria. Leves marcas end interference en engranado de rueda intermedia con lenta IMS-LSS. Consideración NORMAL.</p> <p>No se detectan marcas de contacto relevantes ni signos de desalineación entre ruedas.</p>
<b>Estado de los rodamientos.</b> <i>Evaluación de las bandas de rodadura, marcas en partes funcionales, desgastes, daños detectados.</i>	<p>Se observan leves marcas de micropitting en el rodamiento del eje rápido lado generador, HSS-GEN que por su carácter progresivo se recomienda vigilar. No suponen un problema a corto plazo para el funcionamiento normal de la máquina.</p> <p>Rodadura generalizada en todos los rodamientos de la etapa paralela, consideración LEVE.</p>
<b>Estado exterior de la multiplicadora.</b> <i>Sistemas auxiliares, circuito lubricación, nivel de aceite, filtros, juntas y uniones.</i>	<p>Suciedad y deterioro avanzado de la pintura exterior.</p> <p>Óxidos en la tornillería y disco de freno principalmente.</p> <p>Nivel de aceite por encima del máximo, (debido a la posición de la nacelle posiblemente).</p> <p>Junta de la tapa de acceso dañada.</p> <p>Periféricos desmontados parcialmente.</p> <p>Filtro aireador en aparente buen estado.</p>
<b>Limpieza interior de la multiplicadora.</b> <i>Estado aparente del aceite.</i> <i>Estado de las paredes interiores.</i> <i>Viruta interior.</i>	<p>No se observa viruta metálica en la cala magnética.</p> <p>Las paredes interiores presentan una apariencia limpia, sin suciedad en el interior.</p> <p>El aceite presenta un aspecto tostado pero sin partículas en suspensión apreciables visualmente.</p>

## Anexo I

### Informe y reportaje fotográfico

## Datos y checklist:

PARQUE EÓLICO				IDENTIFICACIÓN Y EQUIPOS	
Nombre:		Localización:		Marca/modelo equipo:	GE XL Detect
nº turbina:		Tipo turbina:	Gamesa G114	Código interno:	3468
Fecha inspección:	23/05/2023	Viento (m/s):	-	Técnicos:	OMP/ADP
Producción (kWh):		Horas (h):	-	Tipo de inspección/Obra:	23-44
Marca/modelo GBX:	Gamesa GE 2000 PL	nº serie GBX:	102243	Severidad de daño:	LEVE

ESTADO GENERAL DE LA MULTIPLICADORA									
Estado de la pintura	Correcto		Deficiente	✗	Estado de juntas y latiguillos	Correcto		Deficiente	✗
Nivel de aceite	Correcto		Deficiente	✗	Aspecto visual aceite	Correcto	✓	Deficiente	
Estado filtro on-line	Correcto		Deficiente	✗	Estado amortiguadores	Correcto	✓	Deficiente	
Estado filtro off-line	Correcto		Deficiente	✗	Vibraciones/ruidos	Correcto		Deficiente	
Estado filtro de aire	Correcto		Deficiente	✗	Viruta en sonda	Correcto	✓	Deficiente	
Estado intercambiador	Correcto		Deficiente		Fugas de aceite	Correcto		Deficiente	

### Observaciones:

Multiplicadora inspeccionada en campa.  
Periféricos desmontados parcialmente.



## PLACA MULTIPLICADORA



Fotografía 1

Gamesa PE 2000 PL  
S/N: 102243

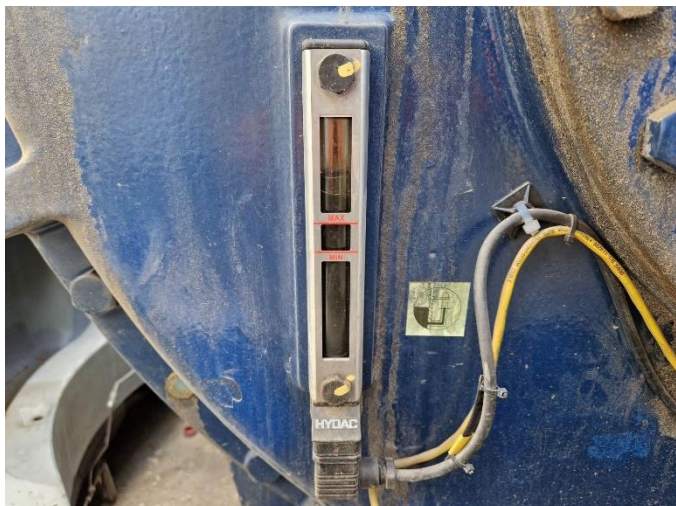
## EXTERIOR



Fotografía 2

Suciedad. Óxidos en el disco de freno.

## NIVEL



Fotografía 3

Nivel de aceite por encima del máximo.

## FILTRO



Fotografía 4

Estado aparente del filtro.



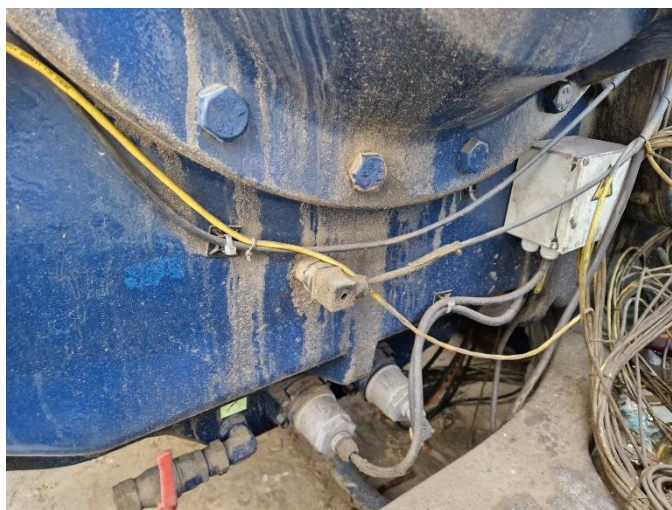
**EXTERIOR**



Fotografía 5

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

**EXTERIOR**



Fotografía 6

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

**EXTERIOR**



Fotografía 7

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

**EXTERIOR**



Fotografía 8

Suciedad, desconches en la pintura exterior.



## EXTERIOR



Fotografía 9

Brazos de par en aparente buen estado.  
Suciedad, desconches en la pintura exterior.

## EXTERIOR



Fotografía 10

Posibles fugas de aceite por las bombas.

## INTERIOR



Fotografía 11

No hay viruta metálica en la cala.

## INTERIOR



Fotografía 12

Junta de la tapa de inspección deteriorada.



## EXTERIOR



Fotografía 13

Cubierta de la unidad rotativa desmontada.

## EXTERIOR



Fotografía 14

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

## EXTERIOR



Fotografía 15

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

## EXTERIOR

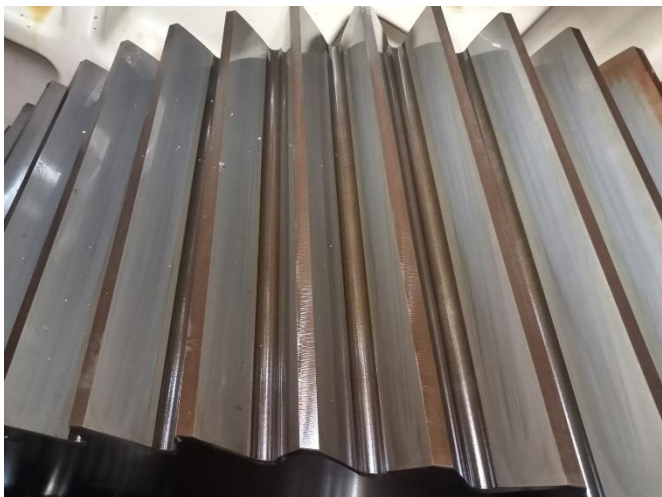


Fotografía 16

Suciedad, desconches en la pintura exterior.

## Engranajes etapa paralela:

### LSS Rueda Lenta



Fotografía 17

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

### IMS-LSS Rueda Intermedia-Lenta



Fotografía 18

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión. End interference.

**NORMAL**

### IMS-HSS Rueda Intermedia-Rápida



Fotografía 19

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

### HSS Rueda Rápida



Fotografía 20

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión. End interference.

**NORMAL**



## Rodamientos etapa paralela:

### LSS-ROT Eje Lento - Lado Rotor



Fotografía 21

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos

**NORMAL**

### LSS-GEN Eje Lento - Lado Generador



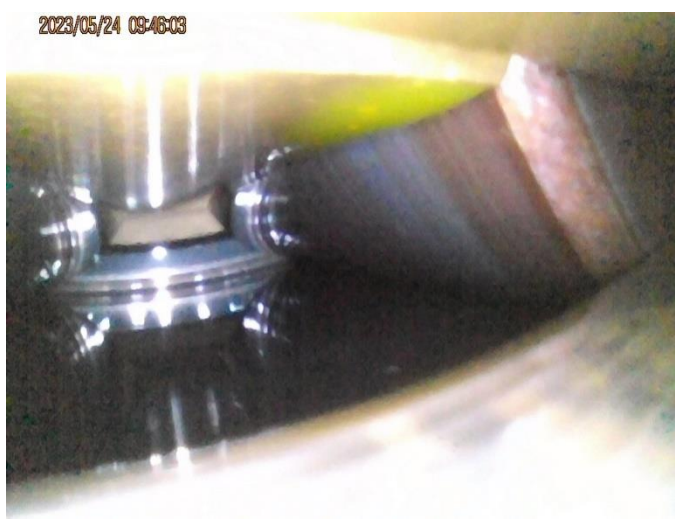
Fotografía 22

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos

**NORMAL**

### IMS-ROT Eje Intermedio - Lado Rotor



Fotografía 23

ISO 15243:2017

Rodadura en rodillos. Acceso deficiente.

**NORMAL**

### IMS-GEN Eje Intermedio - Lado Generador



Fotografía 24

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos

**NORMAL**

**IMS-GEN-GEN Eje Intermedio - Lado Generador, 2ª fila**



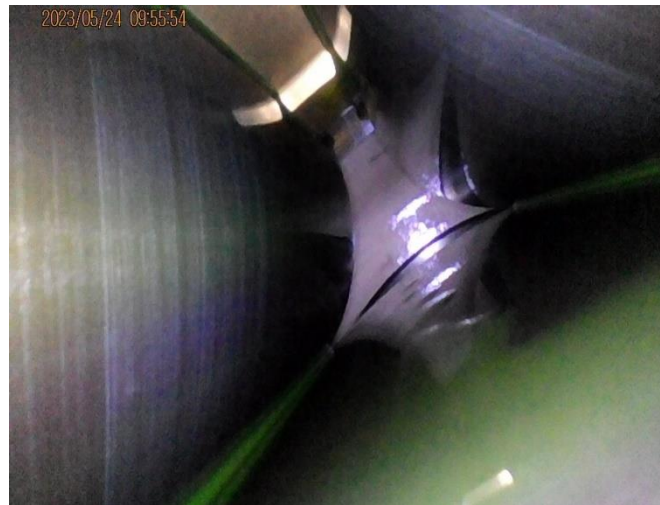
Fotografía 25

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos

**NORMAL**

**HSS-ROT Eje Rápido - Lado Rotor**



Fotografía 26

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos

**NORMAL**

**HSS-GEN Eje Rápido - Lado Generador**



Fotografía 27

ISO 15243:2017

Leves marcas de micropitting en la pista interna, (aislados).

**LEVE**

**HSS-GEN-GEN Eje Rápido - Lado Generador, 2ª fila**



Fotografía 28

ISO 15243:2017

Leves marcas de rodadura en pista y rodillos.  
Acceso deficiente.

**NORMAL**



**Engranajes etapa planetaria:**

**COR Corona**



Fotografía 29

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**COR Corona**



Fotografía 30

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**SAT1 Rueda Satélite 1**



Fotografía 31

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**SAT2 Rueda Satélite 2**



Fotografía 32

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**SAT3 Rueda Satélite 3**



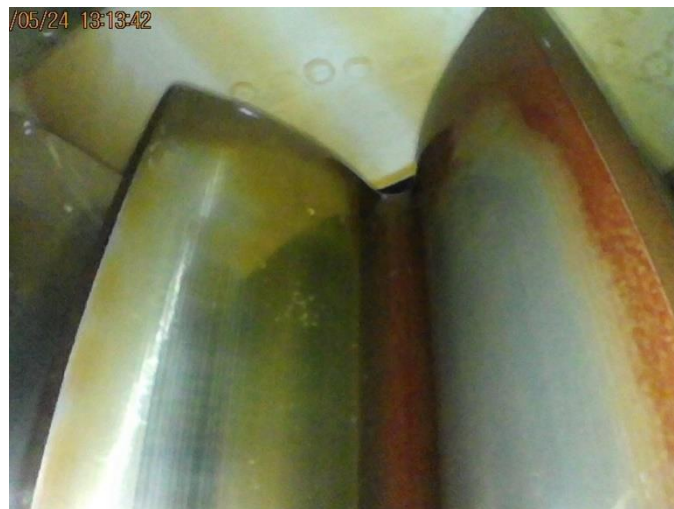
Fotografía 33

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**SOL Solar**



Fotografía 34

ANSI/AGMA 1010-E95

Leve abrasión.

**NORMAL**

**Rodamientos etapa planetaria:**

**RS1 Rodamiento Satélite 1**



Fotografía 35

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**

**RS1 Rodamiento Satélite 1**



Fotografía 36

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**

**RS2 Rodamiento Satélite 2**



Fotografía 37

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**

**RS2 Rodamiento Satélite 2**



Fotografía 38

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**



**RS3 Rodamiento Satélite 3**



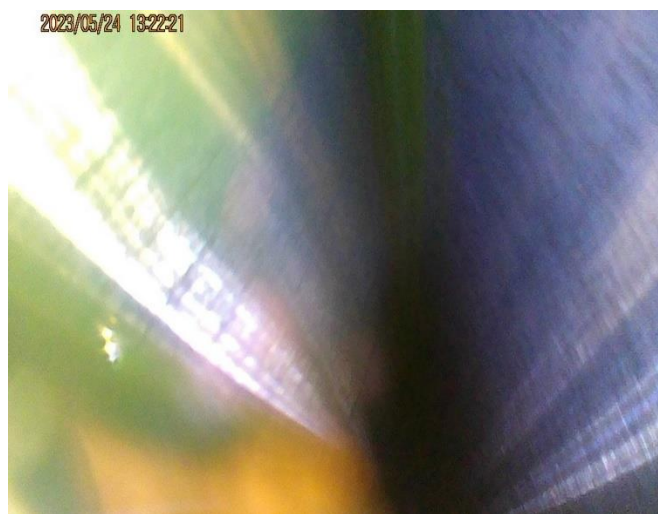
Fotografía 39

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**

**RS3 Rodamiento Satélite 3**



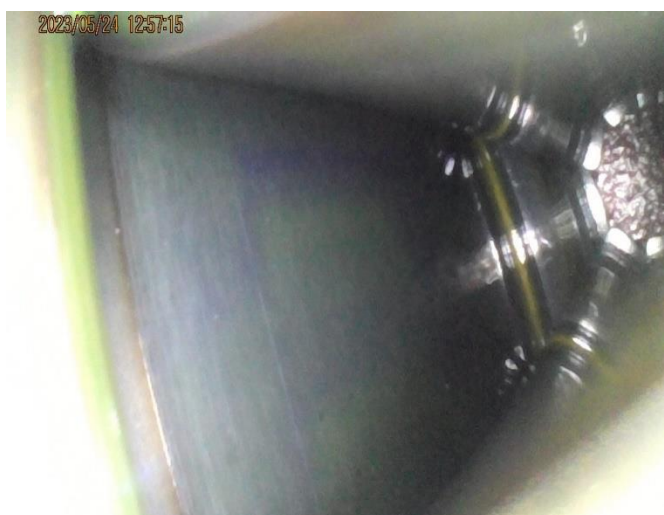
Fotografía 40

ISO 15243:2017

Rodadura.

**NORMAL**

**PT-ROT Porta Satélites - Lado Rotor**



Fotografía 41

ISO 15243:2017

Rodadura y leves arrastres de partículas.

**NORMAL**

**PT-GEN Porta Satélites - Lado Generador**



Fotografía 42

ISO 15243:2017

No se accede.

**INACCESIBLE**

