

出國報告(出國類別：其他)

# 關島 Dededo、Macheche 及 Yigo 電廠現場勘查工作

服務機關：台灣電力公司發電處

姓名職稱：熱機組長徐益祥

派赴國家：美國關島

出國期間：104/10/17~104/10/22

報告日期：104/10/27

## 目錄

一、目的	-----3
二、關島電力現況	-----4~5
三、現場勘查及建議事項	
Dededo #1	-----6~10
Dededo #2	-----11~14
Macheche	-----14~17
Yigo	-----17~20
四、結論	-----21

## 關島 Dededo、Macheche 及 Yigo 電廠現場勘查工作

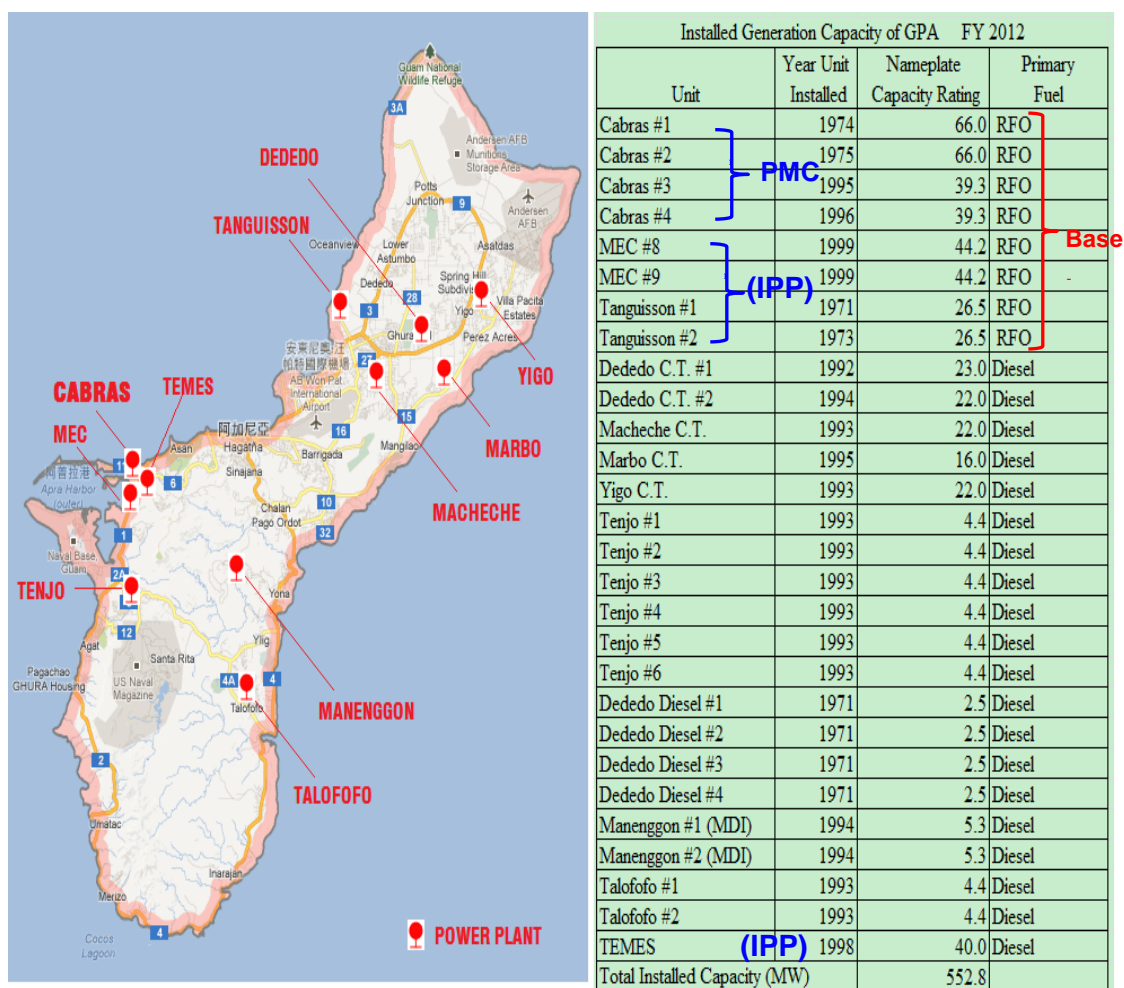
### 一、目的：

- (一) 台灣機電工程服務社(台機社)目前承作關島電力局 GPA (Guam Power Authority) Cabras 電廠#1、#2 汽力發電(Steam Turbine)機組的營運管理 (PMC – Performance Management Contractor)，此契約原定於 2015 年 9 月到期，GPA 計畫將 Cabras#1~#4 共 4 部機一併發包，但因 Cabras#3、#4 於 2015 年 8 月底發生失火事故，因此#1~#4 一併發包的作業暫停，台機社目前仍繼續承作 Cabras#1、#2 的營運管理(PMC)工作。
- (二) 台機社在關島亦投資民營的發電廠，1996 年以 BOT 投資建造 Piti 7 氣渦輪發電(Combustion Turbine)40MW 機組，此機組將於 2017 年合約期滿後將移轉給關島電力局。
- (三) 關島基載電廠 Tanguisson #1、#2(26.5 MW x2)於今年初除役，以及 Cabras#3、#4(39.3 MW x2)發生失火事故，造成關島電力不足，經常發生停電事件。因此 GPA 計畫將 Dededo#1(23MW、於 2010 年 12 月因發電機故障停用至今)、 #2 機(22MW、於 2005 年因發電機故障停用至今)，以及目前正在運轉中的 Macheche(22MW)及 Yigo(22MW)氣渦輪機組(Combustion Turbine)一併委託營運管理(PMC)。
- (四) Piti 7 氣渦輪 40MW 發電機組於 2017 移轉給 GPA 後，亦將併入此 PMC 案。
- (五) 台機社有意承作此標案，但由於 Dededo#1 機組已停擺 5 年、Dededo#2 機組更停擺了 10 年，投標前需審慎評估機組狀況，因此於 10 月 17 日至 10 月 22 日前往關島支援現場勘查工作。

## 二、關島電力現況：

(一) 關島面積 549 平方公里(其中 1/4 為美軍基地)、人口約 18 萬人(關島面積是澎湖的 4.2 倍，人口是 1.8 倍)。電力尖峰負載約 250MW(晚上 8 點)，離峰負載約 170MW(清晨 4 點)。

(二) 關島電廠分布圖：



1、原有裝機容量 552MW，燃重油基載機組 352MW，如果能完全正常運轉則可滿足尖峰負載需求，因此已 16 年無新機組加入營運。目前關島每度電\$0.23。

2、但 Tanguisson #1、#2(26.5 MW x2)於今年初除役，以及 Cabras#3、#4(39.3 MW x2)發生失火事故，共短少 132MW，因此燃重油基載機組剩 220MW。Dededo#1、#2 燃柴油氣渦輪機組因發電機故障停用至今，又短少了 45MW，因此裝置容量剩 370MW。再加上一些機

組的故障，致使無法滿載，如 Cabras#2 原計畫應於去年 9 月大修，但至今仍無法停機大修苦撐，所以關島常有停電事件。

(三) 因此關島電力局(GPA)計畫將 Dededo #1、#2 儘速修護加入營運，並將運轉中的 Macheche(22MW)及 Yigo(22MW)一併委託營運管理 (PMC)。

- 1、此 PMC 案預定在今年 11 月 27 日(星期五)開標，明年 1 月 4 日簽約，2 月 1 日開始執行契約，合約為 5 年，合約到期後最多可展延 5 年。
- 2、Dededo #1 需於明年 4 月前修護完成，Dededo #2 需於明年 6 月前修護完成，此為最優先項目。
- 3、另外，2 年後移轉給 GPA 的 Piti 7(40MW)機組一併入此 PMC 案。
- 4、合約期間，機組的等效可用因素 EAF (Equivalent Availability Factor)需 90% 以上。總熱耗率 (Gross Heat Rate)需低於 13,200BTU/KWH(3,325KCAL/KWH)。

### 三、現場勘查及建議事項：

#### (一) Dededo #1

1992 年裝置，23MW，尖載機組

渦輪機：GE Model MS5001 PA，5100rpm，25000kw

壓縮機 17 級、壓縮比 10.5，渦輪機 2 級，排氣溫度 483°C  
燃燒室 10 只

發電機：GEC Alsthom，26200KVA，3600rpm，13.8KV，air cooled

渦輪機與發電機間具減速齒輪

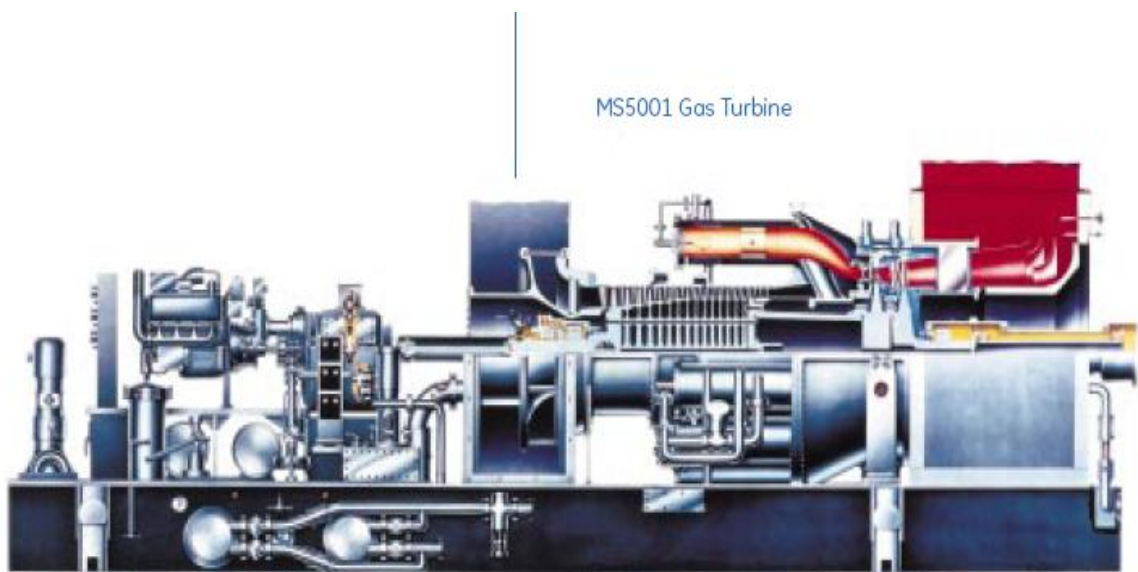
燃料：超低硫柴油，#2 柴油

熱耗率 11194BTU/KWH、熱效率 28.45%

控制系統：Mark IV Speedtronic System

歷史資料：

- 1、2010 年 12 月 29 日 20MW 運轉時，因發電機定子短路，87G 保護電驛動作跳機，發電機嚴重損壞。於 2014 年 8 月檢修完成，待測試。
- 2、2013 年 6 月 Switchgear 失火燒燬，至今未修護。
- 3、運轉時數未知，但因屬於尖載機組，預估約為 18,000EOH
- 4、從 2009/10 至 2010/12 平均熱耗率 17441 BTU/KWH、熱效率 19.6%



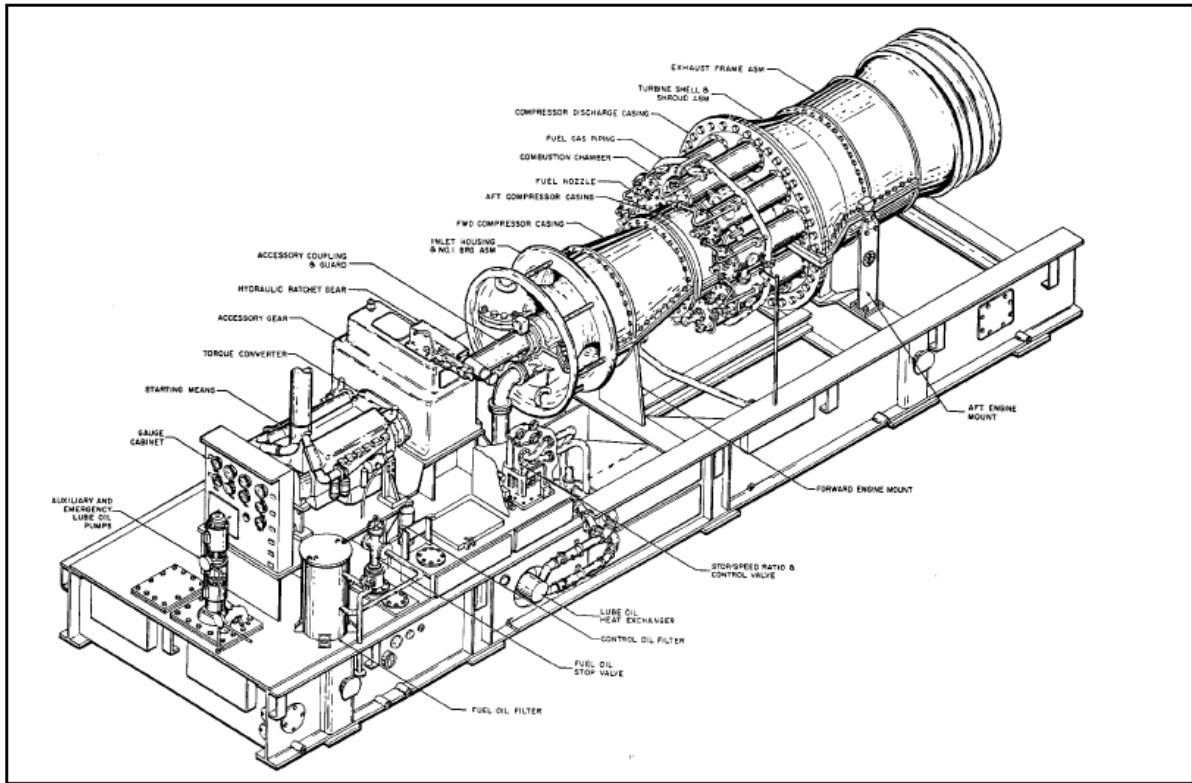


Figure 1. MS5001 Illustration



Dededo#1、#2 機，前為#1 號機



Dededo#1、#2 號機，外牆應重新粉刷，使之煥然一新



進氣室遮雨頂鋼板腐蝕破孔，需全部更新



進氣室濾網前已成鳥窩，需徹底清理，過濾網更新



冷卻水塔結構腐蝕嚴重



冷卻水塔軸承已不堪使用，需全部更新



機組安裝於廠房內，外觀良好

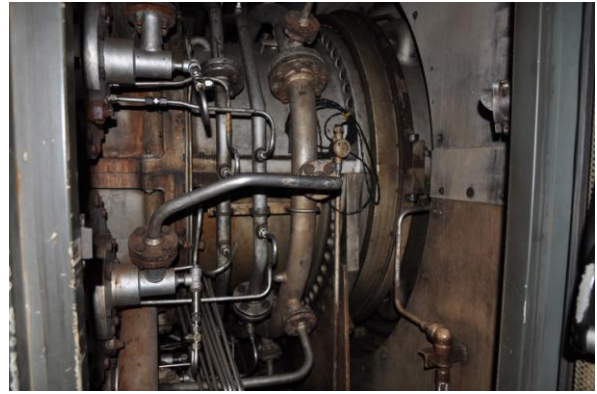


廠房內 20T 固定式起重機，有助日後維修工作





起動齒輪箱應打開檢查並清理油垢



10 只燃燒器需拆解清理



減速齒輪箱漏油，需拆蓋檢查齒輪，清除油垢及更新墊片



燃料油管路需拆卸數隻檢查油垢附著情形



潤滑油系統需更換新油，並進行油洗作業



排氣道上之水平及垂直膨脹接頭破損，積水而長出雜草，必須更新



Switchgear 及電纜線因失火燒燬，需整組更新



全黑緊急柴油發電機位於 Switchgear 旁，需檢查及試運轉

#### 建議事項：

- 1、用內視鏡檢查空壓機葉片腐蝕情形，進行空壓機葉片水洗及烘乾作業，比較水洗前後之情況。
- 2、進氣室需徹底清潔、檢查、除銹油漆，過濾網更新。
- 3、潤滑油系統油槽需清理，更換新油，並進行油洗作業，至油質達到標準。
- 4、燃燒器 10 只拆解，清理噴嘴積碳。
- 5、用內視鏡檢查渦輪機葉片。
- 6、拆卸部份燃料油管路檢查油垢情形。
- 7、所有迴轉機，如各類油泵、水泵，風扇進行試運轉，將運轉電流、振動數值、運轉壓力及溫度等建立資料庫以利日後運轉比較。
- 8、保安設備逐一測試。
- 9、依裝機時之試運轉程序起動機組。
- 10、GE MS5001 為高熱耗率、低熱效率渦輪機，其設計運轉在滿載時為 11194BTU/KWH，但因 Dededo 為尖載機組，因此熱耗率更高，從 2009/10 至 2010/12 平均熱耗率 17441 BTU/KWH、熱效率不及 20% 的情況，欲達契約要求 13200 BTU/KWH 是非常困難的。

(二) Dededo #2

1993 年裝置，22MW，尖載機組

渦輪機：GE Model MS5001 P，5100rpm，25000kw

壓縮機 17 級、壓縮比 10.5，渦輪機 2 級，排氣溫度 483°C

燃燒室 10 只

發電機：GEC Alsthom，26200KVA，3600rpm，13.8KV，air cooled

渦輪機與發電機間具減速齒輪

燃料：超低硫柴油，#2 柴油

熱耗率 11194BTU/KWH、熱效率 28.45%

控制系統：Mark IV Speedtronic System

歷史資料：

- 1、2005 年發電機故障，轉子拆卸吊出，至今尚未修護。
- 2、運轉時數未知，但因屬於尖載機組，預估約為 12,000EOH
- 3、無熱耗率資料



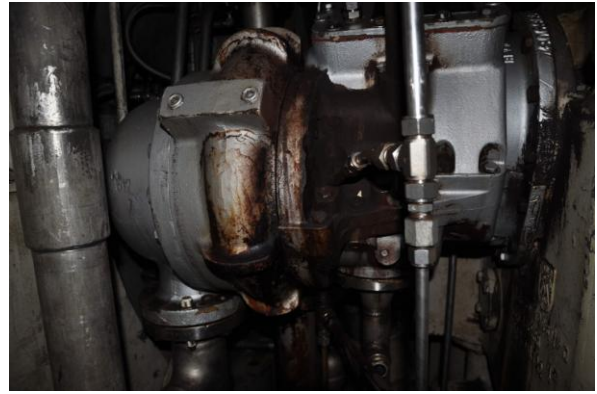
發電機故障，轉子抽出，定子無防塵保護



進氣室遮雨棚鋼板腐蝕破孔，防鳥網無破洞，情況比#1 機好



起動齒輪箱應打開檢查並清理油垢



空氣壓縮機法蘭面洩漏，需拆解檢修



燃料油管路需拆卸數隻檢油垢情形



10 只燃燒器需拆解清理



減速齒輪箱需拆蓋清理及檢查齒輪



潤滑油系統需更換新油，並進行油洗作業，軸承盡可能開蓋檢查



#2 機 Switchgear



排氣道上之水平及垂直膨脹接頭破損，致使積水而長出雜草，必須更新



燃料油泵缺一台



渦輪機圍體屋頂無銹蝕

### 建議事項：

- 1、有鑑於#1、#2 機發電機相繼嚴重故障，建議洽詢原製造廠商，解決問題癥結。
- 2、用內視鏡檢查空壓機葉片腐蝕情形，進行空壓機葉片水洗及烘乾作業，比較水洗前後之情況。
- 3、進氣室需澈底清潔、檢查、除銹油漆，過濾網更新。
- 4、潤滑油系統油槽需清理，更換新油，並進行油洗作業，至油質達到標準。
- 5、燃燒器 10 只拆解，清理噴嘴積碳。
- 6、用內視鏡檢查渦輪機葉片。

- 7、拆卸部份燃料油管路檢查油垢情形。
- 8、所有迴轉機，如各類油泵、水泵，風扇進行試運轉，將運轉電流、振動數值、運轉壓力及溫度等建立資料庫以利日後運轉比較。
- 9、保安設備逐一測試。
- 10、依裝機時之試運轉程序起動機組。
- 11、GE MS5001 為高熱耗率、低熱效率渦輪機，其設計運轉在滿載時為 11194BTU/KWH，但因 Dededo 為尖載機組，因此熱耗率更高，從#1 號機的運轉資料研判，欲達契約要求 13200 BTU/KWH 是很困難的。

### (三) Macheche

1993 年裝置，22MW，尖載機組

渦輪機：GE Model 7LM2500 PE，3600rpm，25000kw

壓縮機 16 級、壓縮比 18.1，渦輪機 8 級，排氣溫度 566°C

30 只燃料噴嘴

發電機：Brush Electric，27359KVA，3600rpm，13.8KV，air cooled

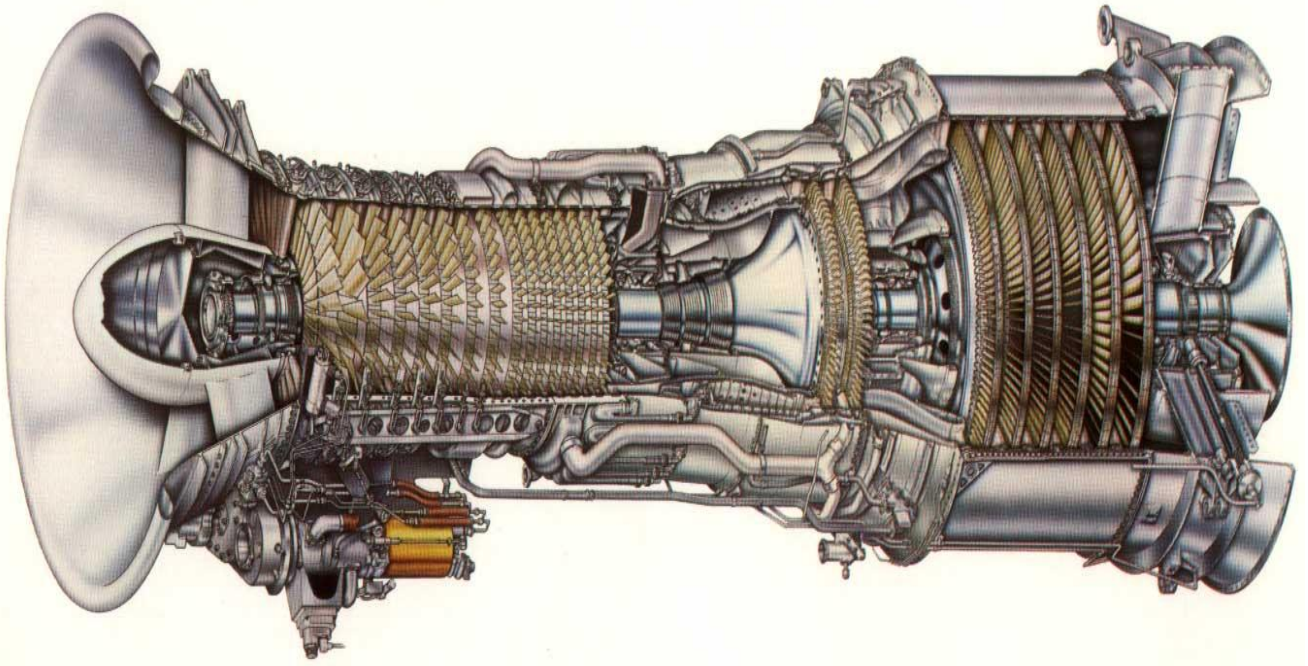
燃料：超低硫柴油，#2 柴油

熱耗率 9585BTU/KWH、熱效率 35.6%

控制系統：Woodward Governor 501

歷史資料：

- 1、目前正常運轉中。
- 2、運轉時數 23800EOH
- 3、從 2009/10 至 2014/9 平均熱耗率 13124BTU/KWH、熱效率 26.0%



General Electric LM2500 Gas Turbine



Macheche 電廠外觀



進氣室外圍鋼板結構，進氣室有良好的遮蔽



Macheche 電廠為屋內式，但無固定式吊車，目前正常發電運轉中



Macheche 電廠無冷卻水塔，為氣冷式，空氣熱交換器置於渦輪機屋頂



控制系統：Woodward Governor 501



排氣煙道接合面及膨脹接頭漏



潤滑油淨化器目前運轉時數 80869H



起動用控制油泵外觀整理乾淨





水廠設備需評估可靠度



水廠設備需評估可靠度

#### 建議事項：

- 1、Macheche 是運轉中機組，目前約 24000EOH，承作營運管理時，亦需先核查運轉及維修的歷史資料。所有迴轉機，如油泵、水泵，風扇進行運轉數據的查核，將運轉電流、振動數值、運轉壓力及溫度等建立資料以利日後運轉比較。
- 2、GE LM2500 為高效率渦輪機，其設計運轉在滿載時效率 35.6%，熱耗率 9585BTU/KWH。但因 Macheche 為尖載機組，熱效率無法如設計值，從 2009/10 至 2014/9 平均熱耗率 13124BTU/KWH、熱效率 26.0%，與設計值差距甚大，要達契約要求 13200 BTU/KWH，需注意壓縮機葉片水洗時機。

#### (四) Yigo

1993 年裝置，22MW，尖載機組

渦輪機：GE Model 7LM2500 PE，3600rpm，25000kw

壓縮機 16 級、壓縮比 18.1，渦輪機 8 級，排氣溫度 566°C

30 只燃料噴嘴

發電機：Brush Electric，27359KVA，3600rpm，13.8KV，air cooled

燃料：超低硫柴油，#2 柴油

熱耗率 9585BTU/KWH、熱效率 35.6%

控制系統：Woodward Governor 501

歷史資料：

- 1、目前正常運轉中。
- 2、運轉時數 20400EOH
- 3、從 2009/11 至 2014/9 平均熱耗率 13280BTU/KWH、熱效率 25.7%



Yigo 為屋外式機組，渦輪機圍體銹蝕斑斑，屋頂情況不明



進氣室遮雨棚鋼板銹蝕，需除銹油漆並將鋼板補強



冷卻水塔裝置於渦輪機圍體頂部，鋼構亦腐蝕，且容易使圍體頂部破損漏水



油淨化器滲油，周圍水溝油污甚多



起動用控制油泵生鏽嚴重，外觀十分老舊



儀控設備屋外式



控制系統：Woodward Governor 501



排氣道鋼板亦腐蝕嚴重



水廠設備需評估可靠度



所有的輔機設備均是屋外式

### 建議事項：

- 1、Yigo 是運轉中機組，目前約 20400EOH，由於是屋外式，各項設備外表大多腐蝕嚴重，破舊不堪，日後維護工作將不少。
- 2、承作營運管理時，需先核查運轉及維修的歷史資料，把所有迴轉機，如油泵、水泵，風扇進行運轉數據的查核，將運轉電流、振動數值、運轉壓力及溫度等建立資料以利日後運轉比較。
- 3、GE LM2500 為高效率渦輪機，其設計運轉在滿載時效率 35.6%，熱耗率 9585BTU/KWH。但因 Yigo 為尖載機組，熱效率無法如設計值，從 2009/11 至 2014/9 平均熱耗率 13280BTU/KWH、熱效率 25.7%，要達到契約要求的 13200 BTU/KWH 也是一種挑戰。

## 四、結論

### 1、Dededo #1、#2 號機：

- (1).已中斷運轉 5 年及 10 年，此皆為發電機故障所致，應檢討故障原因。
- (2).進氣室需徹底整修，油系統清理、燃燒器清理後應可進行試運轉工作。
- (3). #1 機需於明年 4 月前完成 Switchgear 更新，#2 機需於明年 6 月前完成發電機修護併聯發電，均極具挑戰性。
- (4). GE MS5001 為高熱耗率機型，滿載時設計值為 11194BTU/KWH，因 Dededo 為尖載機組，熱耗率將更高，運轉歷史資料平均熱耗率 17441 BTU/KWH，契約要求 13200 BTU/KWH 是不合理的，應向 GPA 反應。

### 2、Macheche 及 Yigo 都是正常運轉中的機組，承作營運管理時，需先核査運轉及維修的歷史資料，把所有迴轉機，如油泵、水泵，風扇進行運轉數據的查核，將運轉電流、振動數值、運轉壓力及溫度等資料建立以利日後運轉比較。

### 3、氣渦輪機的運維策略與蒸汽輪機是不同的，尤其在 20000EOH 之後。氣渦輪機主要分成 3 段：壓縮段、燃燒段以及氣機段。

壓縮段材料劣化問題主要是室溫 400°C 下的空氣所造成的腐蝕及沖蝕；燃燒段材料的劣化主要肇因於高溫燃氣所導致的潛變，高溫氧化及高溫腐蝕；氣機段材料的劣化主要是高溫燃氣所導致的潛變、高週次疲勞及低週次疲勞。組件的壽命有一定的年限，所以問題不是該組件會不會損壞，而是該組件何時會損壞。

因此在承作 PMC 後，需確實依照原廠規定的運轉時數進行開蓋大修檢查，更換熱元件，切勿有如 Cabras #2 機原應於去年 9 月大修，但至今仍未停機大修的情事。