

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 1
------	---	--------------------------------

Autori: S. Bianucci  
F. Raffaelli  
A. Saputi

# Specifiche delle Piastre del back plane per l'esperimento Mu2e.

## Sommario

Questo documento costituisce il riferimento delle specifiche per il Fornitore per le piastre del back plane del calorimetro dell'esperimento Mu2e ed è organizzato in tre capitoli principali:

### 1. Generalità:

- 1.1 Introduzione.
- 1.2 Descrizione del progetto.
- 1.3 Scopo della fornitura.

### 2. Requisiti tecnici:

- 2.1 Caratteristiche tecniche generali.
- 2.2 Piano di fabbricazione raccomandato.
- 2.3 Richieste sui materiali.
- 2.4 Requisiti per l'immagazzinamento.
- 2.5 Requisiti per la pulizia.
- 2.6 Procedure di giunzione.
- 2.7 Requisiti da rispettare durante le lavorazioni di macchina.
- 2.8 Requisiti per la pulizia del PEEK.
- 2.9 Procedure per l'imballaggio.
- 2.10 Test.
- 2.11 Trasporto
- 2.12 Ispezioni, piano dei test e di controllo della qualità

### 3. Requisiti di gestione:

- 3.1 Piano di fabbricazione e controllo.
- 3.2 Elenco dei certificati e della documentazione richiesta.
- 3.3 Tempi per la costruzione, per i test e la spedizione.
- 3.4 Elenco dei disegni.

F.R.

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 2
------	---	--------------------------------

## 1. Generalità

### 1.1 Introduzione

L'esperimento Mu2e al Fermilab intende misurare la violazione della legge di conservazione del numero leptonico carico (CLFV) nella conversione diretta di un muone in elettrone in presenza di un nucleo. Il processo di conversione ha come risultato finale la produzione di un elettrone monocromatico con un'energia di poco inferiore alla massa a riposo del muone (104.97 MeV). L'obiettivo dell'esperimento è quello di migliorare di 4 ordini di grandezza le misure precedenti, raggiungendo una sensibilità di  $2.5 \times 10^{-17}$  sulla probabilità di conversione. Sebbene lo Standard Model (SM) delle interazioni fondamentali sia ben verificato a vari regimi, è probabile che esso sia incompleto. In molti scenari di estensione dello SM la rivelazione di processi CLFV è alla portata degli esperimenti di nuova generazione. L'osservazione di una probabilità di CLFV sensibilmente più alta di quella prevista dallo SM sarebbe un'evidenza inoppugnabile dell'esistenza di nuove leggi fisiche. L'esperimento Mu2e è in fase di progettazione, prototipizzazione e costruzione ed ha ottenuto l'approvazione definitiva del Department of Energy degli Stati Uniti nel giugno 2016. Il programma attuale prevede che l'esperimento inizi ad acquisire dati nel 2020 per 3 anni. L'apparato sperimentale è costituito da un sistema di solenoidi per la produzione ed il trasporto del fascio di muoni ed un apparato per la rivelazione del processo di conversione. Il rivelatore è costituito da un bersaglio di alluminio seguito da un sistema di tracciatura molto preciso basato su 20000 tubi a straw e da un calorimetro a cristalli di CsI letti con fotomoltiplicatori al silicio (SiPM). L'intero rivelatore è inserito in un solenoide coperto da un sistema di veto per raggi cosmici (vedi Fig. 1).

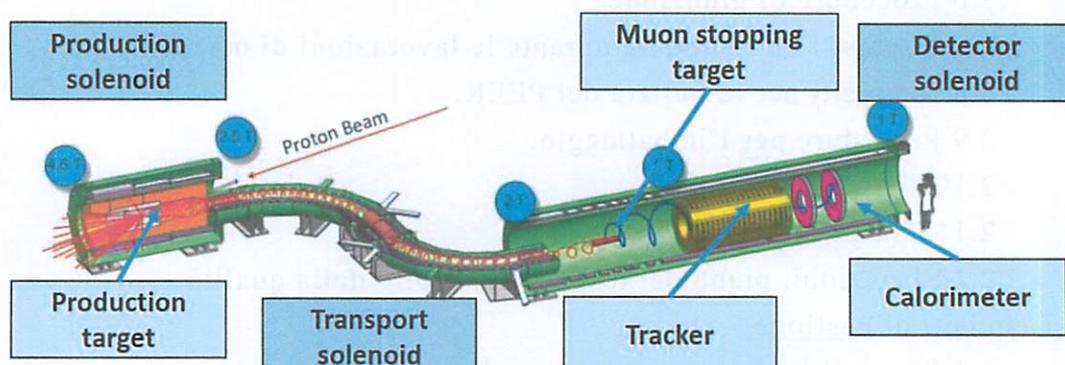


Figura 1 disegno schematico dell'esperimento.

Il calorimetro è costituito da due dischi identici, ognuno dei quali contiene 674 cristalli (vedi Fig. 2). Ogni cristallo è letto da una coppia di matrici di 6 SiPM (vedi Fig. 3). Una scheda di elettronica che amplifica il segnale generato dai SiPM. L'oggetto della gara sono le piastre del back plane del calorimetro di mu2e.

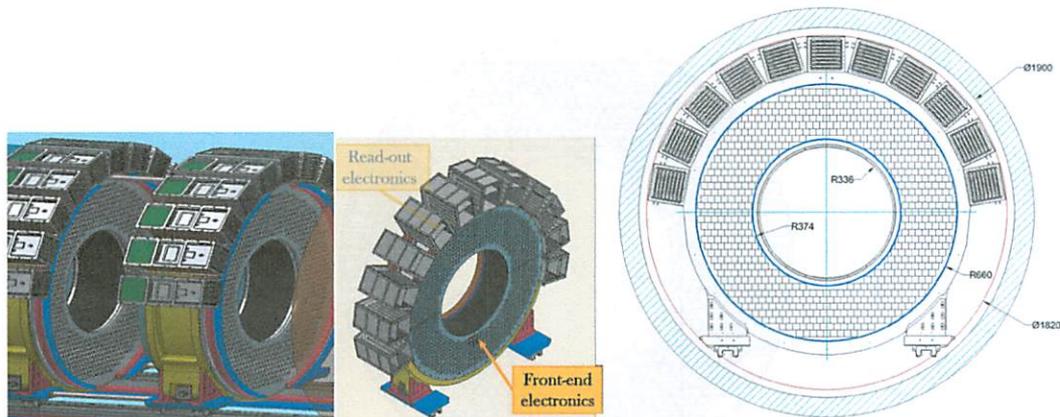


Figura. 2 calorimetro

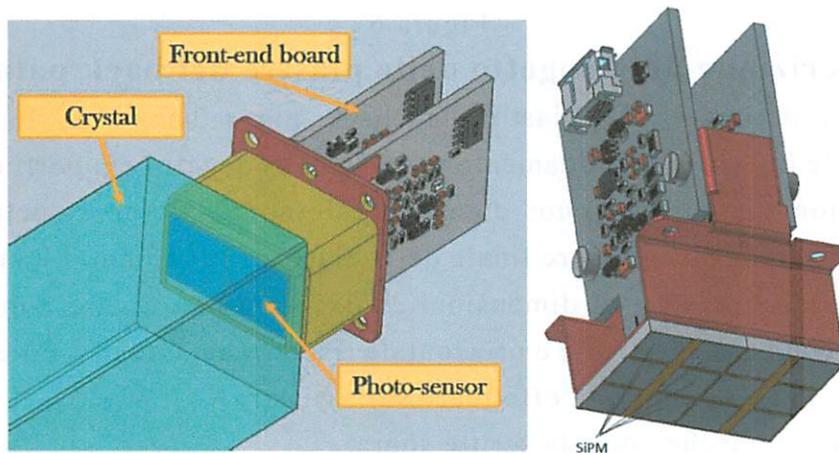


Figura 3 front end electronics

Nel calorimetro le linee di raffreddamento sono distribuite come in figura 4 nella piastra detta back plane, nella figura 5 sono riportate le dimensioni del back plane plate.

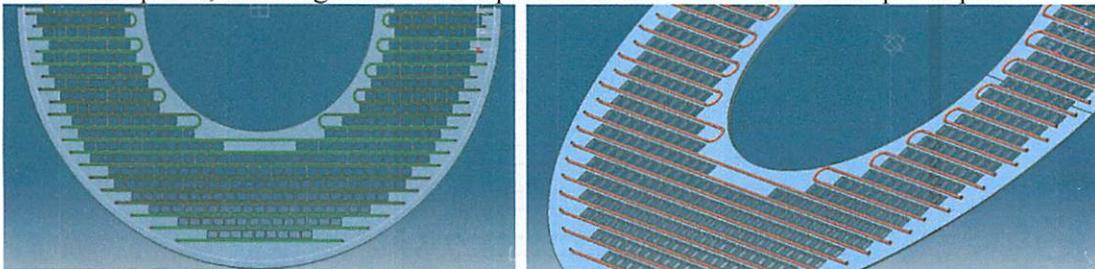


Figura 4 linee di raffreddamento

Figura 5.

In totale per ciascun back plane del calorimetro ci sono 38 linee di raffreddamento di cui 18 dritte e 20 hanno un curva di 180 gradi. Queste linee sono avvitate al back plane.

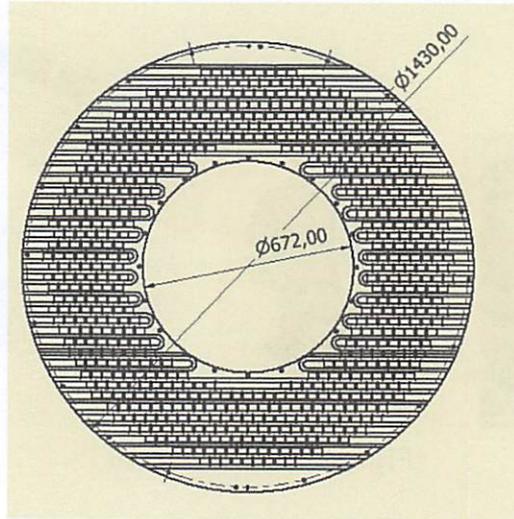


Figura 6

## 1.2 Descrizione del progetto delle piastre del back plane.

Nell'esperimento le piastre del back plane hanno la funzione di supportare le linee di raffreddamento a cui sono collegati i supporti dei SiPM. Le dimensioni del disco sono: diametro esterno e interno rispettivamente 1430mm e 672mm. Lo spessore finale della piastra e' di 15mm. Le lavorazioni principali sono le tasche di dimensioni 20.5x29mm con raggio 2mm. Queste si ripetano con passo verticale e orizzontale rispettivamente di 34.3 e 34.3mm. Si riassume le lavorazioni da effettuare sulla piastra:

- circa 650 tasche come descritte sopra;
- circa 28 scassi orizzontali di larghezza 13.8mm con una profondità 5 mm che alloggianno delle linee di raffreddamento;
- circa 2600 fori passanti filettati M2 per il fissaggio delle linee di raffreddamento.
- circa 700 fori passanti di 2,2 mm di diametro.

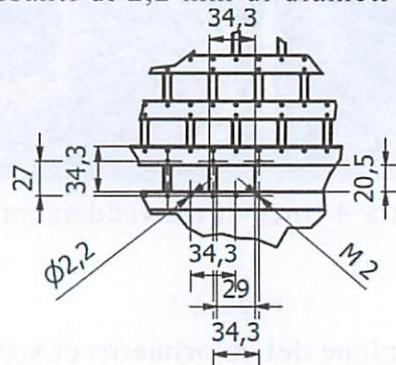


Figura 7

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 5
------	---	--------------------------------

Il materiale scelto, le superfici ottenute per lavorazione ad asportazione di truciolo e la pulizia effettuata devono essere compatibili con il vuoto. Il dettaglio di queste operazioni e' descritto nei parametri di seguito.

### 1.3 Scopo della fornitura.

La Tabella 1 elenca i componenti da realizzare. Il fornitore deve fornire due piastre lavorate come da disegni allegati.

**TABELLA 1**

Quantità	Descrizione	Disegno N.
2	Mu2e_BK-0100	Mu2e-BK-001

La produzione dovrà seguire vari passi che implicano test intermedi di qualificazione.

Una volta terminata la costruzione delle piastre del back plane dovranno essere effettuati i controlli specificati in questo documento. Per valutare la conformità alle nostre richieste.

## 2. Caratteristiche Tecniche.

### 2.1 Caratteristiche tecniche generali

Tutti i componenti lavorati devono avere una buona finitura come indicato nei disegni. I materiali devono possedere almeno le caratteristiche riportate nelle richieste dei materiali. Ci risulta da nostre indagini che non sia facilmente reperibile sul mercato una piastra quadra di materiale di dimensioni esterne 1430mmX1430mm e spessore 15mm o un disco di diametro esterno 1430mm. Qualora non sia reperibile la singola piastra o il disco di dimensioni adeguate risulta necessario effettuare una giunzione di due pezzi per l'ottenimento di una piastra delle dimensioni richieste. Il back plane deve operare in vuoto e quindi e' estremamente importante il rispetto delle rugosità delle superfici, la pulizia e l'imballaggio finale. Una proposta, che dovrà essere avallata dal produttore, e' di utilizzare una piastra di 1000x3000mm incollata o saldata ad una striscia di 500X3000mm entrambe di spessore iniziale 20mm. L'operazione di incollaggio o saldatura sarà eseguita presso il fornitore con la nostra supervisione. Dopo di che la piastra giuntata dovrà essere piallata su entrambe le facce in modo da rimuovere 2.5 mm per parte e ottenere lo spessore finale di 15mm. Vedi figura 8 e 9 rispettivamente per la

FR.

preparazione del giunto e la piastra finale su cui si potranno ottenere i due dischi.



Figura 8

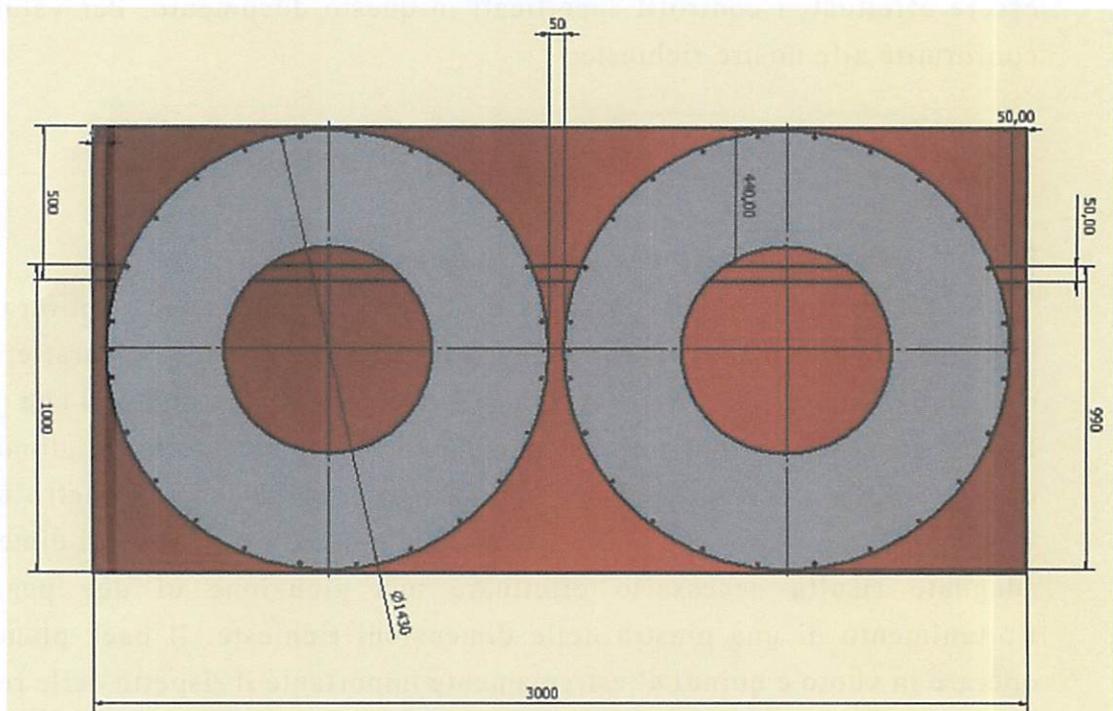


Figura 9

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 7
------	---	--------------------------------

## 2.2 Piano di fabbricazione richiesto

E' richiesta al Fornitore la rielaborazione dei disegni di officina di quanto richiesto, con eventuale proposte di modifiche costruttive, sulla base dell'esperienza del Fornitore e delle attrezzature disponibili.

E' richiesto al Fornitore di comunicare al Committente eventuali discordanze notate tra i documenti e disegni forniti per le necessarie correzioni prima di procedere alla lavorazione.

Per l'ottenimento delle specifiche richieste viene suggerito il seguente piano di fabbricazione:

- Lavorazione meccanica per la preparazione del giunto incollato o saldato qualora non si trovi il materiale di dimensioni adeguate.
- Verifica dimensionale.
- Spianatura.
- Verifica dimensionale.
- Lavorazione meccanica come da disegno (Mu2e-BK-001)
- Controllo dimensionale.
- Pulizia.
- Inballaggio.
- Spedizione al vincitore del lotto B per integrazione delle linee di raffreddamento nella piastra.

Si consiglia al fornitore prima di produrre la piastra finale di effettuare la lavorazione su una piastra di materiale plastico per verificare il programma di lavorazione. Questa deve essere inviata al vincitore del lotto B per la verifica dimensionale.

## 2.3 Richieste per i materiali

Il materiale di riferimento per le piastre e' il PEEK prodotto da resina vergine di polyetheretherketone.

Si riportano le principali Proprietà:

Physical Properties	Metric	English	Comments
Specific Gravity	1.31 g/cc	1.31 g/cc	ASTM D792
Water Absorption	0.10 %	0.10 %	Immersion, 24hr; ASTM D670(2)
Water Absorption at Saturation	0.50 %	0.50 %	Immersion; ASTM D570(2)
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Rockwell M	100	100	ASTM D785
Hardness, Rockwell R	120	120	ASTM D785
Hardness, Shore D	85	85	ASTM D2240
Tensile Strength	110 MPa	16000 psi	ASTM D638
Tensile Strength at 150°C (300°F)	20.7 MPa	3000 psi	ASTM D638
Tensile Strength at 65°C (150°F)	82.7 MPa	12000 psi	ASTM D638
Elongation at Break	40 %	40 %	ASTM D638
Tensile Modulus	4.34 GPa	630 ksi	ASTM D638
Flexural Strength	172 MPa	25000 psi	ASTM D790
Flexural Modulus	4.14 GPa	600 ksi	ASTM D790
Compressive Strength	138 MPa	20000 psi	10% Def.; ASTM D695
Compressive Modulus	3.45 GPa	500 ksi	ASTM D695
Shear Strength	55.2 MPa	8000 psi	ASTM D732
Izod Impact, Notched	0.220 J/cm	0.000 ft-lb/in	ASTM D256 Type A
Coefficient of Friction, Dynamic	0.32	0.32	Dry vs. Sheet; QTM55007
K (secar) Factor	755 x 10 <sup>4</sup> mm <sup>2</sup> /N·m	375 x 10 <sup>10</sup> in <sup>2</sup> -lb/in	QTM 55010
Limiting Pressure Velocity	0.298 MPa-m/sec	8500 psi-ft/min	4.1 safety factor; QTM 55007
Electrical Properties	Metric	English	Comments
Surface Resistivity per Square	>= 1.00e+13 ohm	>= 1.00e+13 ohm	EC6ESD S11.11
Dielectric Constant	3.3	3.3	ASTM D150
Dielectric Strength	15.9 kV/mm	410 kV/in	Short Term; ASTM D149
Dissipation Factor	0.0033	0.0033	ASTM D150
Thermal Properties	Metric	English	Comments
CTE, linear	45.8 µm/m·°C	26.0 µm/in·°F	ASTM E831
	@ Temperature -40.3 - 148 °C	@ Temperature -40.5 - 300 °F	
Thermal Conductivity	0.252 W/m·K	1.75 BTU·in/hr·ft <sup>2</sup> ·°F	ASTM F433
Melting Point	240 °C	464 °F	Crystalline, Peak; ASTM D3418
Maximum Service Temperature, Air	240 °C	460 °F	Long Term
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	160 °C	320 °F	ASTM D648
Flammability, UL94	V-0	V-0	Estimated Rating
	@ Thickness 3.17 mm	@ Thickness 0.125 in	

Tutti i materiali devono pervenire con certificazione e da produttori noti con certificazione firmata dal produttore. Materiali equivalenti possono essere utilizzati solo con autorizzazione scritta del Committente.

L' INFN si riserva di verificare le procedure seguite dalla Ditta.

## 2.4 Requisiti per l'immagazzinamento.

Il Fornitore deve avere un sistema efficiente per l'immagazzinamento ed il rintracciamento dei materiali non lavorati e delle parti finite per evitare danni, contaminazione delle parti finite e scambi dei materiali non lavorati.

## 2.5 Richieste per la pulizia.

La pulizia finale dopo tutte le lavorazioni e' molto importante ed e' organizzata in varie fasi. E' preferibile l'uso della vasca ad ultrasuoni.

Qualora non si disponesse di cioi si può ovviare utilizzando una vasca dove immergere la piastre. La pulizia delle piastre e' resa molto difficile dalla presenza di molti fori filettati M2 (circa 2600) di profondità' 10mm.

La prima fase: si rimuove il grosso dello sporco. Si può usare una miscela al 5% di

Tickopur TR3 (acid; PH 3.0) in acqua del rubinetto a temperatura di 50 °C .

La durata può essere da 1 a 10 minuti dipendente dal grado di sporcizia in vasca ad ultrasuoni.

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 9
------	---	--------------------------------

Seconda fase: Lavaggio in acqua corrente

Terza fase lavaggio con una miscela al 5% di Tickopur **R36** (alkaline; PH 10) in acqua del rubinetto ad una temperatura di di 50 °C.

La durata può essere da 1 a 10 minuti dipendente dal grado di sporcizia in vasca ad ultrasuoni.

Quarta fase: Lavaggio in acqua corrente

Quinta fase : immersione in acqua demineralizzata ad una temperatura di 50 °C per una durata di 1-2 minuti

Sesta fase: asciugatura in ambiente pulito o con ausilio di azoto

Settima fase : con l'utilizzo di quanti si procede al sigillatura in busta di plastica opportuna.

## **2.6 Procedure di incollaggio.**

La procedura di incollaggio verrà seguita dal personale INFN. La ditta dovrà mettere a disposizione un opportuno spazio pulito con un tavolo di riscontro per tale operazione. Qualora non fosse possibile l'operazione verrà eseguita presso l'INFN di Pisa. Il fornitore dovrà provvedere alla spedizione e all'imballaggio delle parti pre lavorate. Le colle per tale operazione verranno fornita dall'INFN.

## **2.7 Requisiti da rispettare durante le lavorazioni a macchina:**

I fluidi refrigeranti e lubrificanti utilizzati per le lavorazioni a macchina devono essere approvati dall'INFN. Qualora si possa evitare il loro utilizzo questo sarà a vantaggio di garantire una procedura di più facile pulizia.

Durante le lavorazioni a macchina l'uso di qualsiasi fluido o materiale contenente solfuri è proibito. La rugosità indicata nei disegni deve essere rispettata. Rotture nelle parti o nei fori non sono permesse.

## **2.8. Requisiti per la pulizia del PEEK.**

Una verifica della pulizia finale deve essere fatta prima dell'imballaggio in un'area pulita.

<b>Mu2e</b>	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 10
-------------	---	---------------------------------

La finitura e la pulizia delle superfici e' estremamente importante per ottenere un alto livello di vuoto. La rugosità delle superfici deve essere, dopo la manifattura, dell'ordine di 0.8 micron.

## **2.9 Procedure per l'imballaggio.**

Dopo la pulizia i componenti devono essere protetti con sacchi di plastica. L'imballaggio deve includere bustine di silica gel per protezione contro l'umidità. Poiché alcuni tipi di plastica potrebbero essere lubrificati i materiali per l'imballaggio devono essere approvati dal Committente.

Tutte le parti devono essere adeguatamente protette contro gli agenti atmosferici e da danneggiamenti sia durante l'immagazzinamento sia durante il trasporto.

Le piastre devano essere trasportate all interno di opportune casse di legno.

## **2.10 Test eseguiti dal Fornitore.**

Un test di pulizia avverrà alla fine del processo di produzione prima dell'imballaggio: si verificherà che acqua demineralizzata spruzzata sulle parti non formi gocce locali sulla superficie.

## **2.11 Trasporto.**

Il trasporto dovrà essere effettuato dopo l'autorizzazione del INFN. Il luogo di destinazione verranno comunicati dopo l'assegnazione della gara. Il mezzo e le modalita' di trasporto dovranno essere concordate con l'INFN.

## **2.12 Ispezioni, piano dei test e di controllo della qualità.**

Le ispezioni avverranno in diverse fasi del processo di costruzione per assicurare la buona qualità del lavoro. Il Fornitore deve presentare il proprio piano di controllo della qualità che dovrà essere approvato dal Committente.

Fasi nelle quali le ispezioni devono aver luogo.

- a) Reperimento delle materie prime.
- b) Lavorazioni di macchina
- c) Pulizia

Alcune delle ispezioni saranno effettuate in collaborazione con esperti dell'INFN. Il Fornitore deve raccogliere in un registro i risultati delle ispezioni.

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 11
------	---	---------------------------------

Il piano ed il registro di controllo della qualità devono essere consegnati al Committente. Il registro di controllo della qualità deve contenere:

- certificati dei materiali
- nota delle ispezioni e dei test effettuati alla fabbrica, inclusi i controlli sulla finitura delle superfici e sulle dimensioni.

Tutto il materiale deve essere fornito sia in formato cartaceo che in formato elettronico.

### 3. Requisiti di gestione.

#### **3.1 Piano di fabbricazione e di controllo.**

All'atto della assegnazione della commessa il Fornitore deve fornire un piano di fabbricazione e controllo che deve essere approvato dal Committente e deve includere i tempi di realizzazione, di controllo, di misura dei test e di spedizione.

Il Committente e il Fornitore decideranno a quali stadi i rappresentanti dell'INFN dovranno controllare la fabbricazione dei piastre. Ciò sarà notificato in anticipo alla Ditta via e-mail.

Tutti i processi di manifattura (taglio, lavorazione di macchina, test etc). devono essere descritti dal Fornitore e approvati dal Committente. La descrizione deve includere le caratteristiche dell'area in cui il lavoro verrà effettuato e l'identificazione di ogni eventuale sub-fornitore.

Le eventuali non-conformità dovranno essere tempestivamente notificate ed approvate dal Committente.

Quanto sopra si applica ad eventuali riparazioni o modifiche.

Il Fornitore deve dimostrare di avere un piano di controllo adeguato di tutti i processi di costruzione.

#### **3.2 Elenco dei certificati e documentazione richiesti**

Il Fornitore deve presentare all'INFN la seguente documentazione:

- I disegni d'officina (as built)
- Un set completo dei certificati dei materiali utilizzati
- Rapporto sull'ispezione visuale.
- Rapporto sulle verifiche delle dimensioni.
- Rapporto sui test di pulizia.

Mu2e	Specifiche delle piastre del back plane del calorimetro per l'esperimento Mu2e. Lotto A allegato A1	Data : 10/07/2018 Pagina: 12
------	---	---------------------------------

La suddetta documentazione deve essere disponibile anche in formato elettronico.

### **3.3 Tempi per la costruzione, per i test e la consegna.**

Il piano del Fornitore per i tempi di realizzazione e di controllo, deve essere approvato dal Committente secondo quanto previsto dal punto 3.1 .

**La fornitura dovrà essere consegnata entro tre mesi dall'emissione dell'ordine.**

Il fornitore deve provvedere alla spedizione delle due piastre al aggiudicatario del lotto B. La spedizione deve essere effettuata nel 2019 ad un secondo fornitore che dovrà montare le linee di raffreddamento sulle due piastre. Si potrà verificare che il fornitore debba tenere in giacenza le due piastre. La destinazione finale sarà negli USA in esenzione di IVA. Il vincitore del lotto B fornirà al vincitore del lotto A i documenti doganali per l'esenzione del pagamento del IVA.

### **3.4 Elenco dei disegni allegati.**

Disegno Mu2e-BK-001

Il Responsabile Unico Del Procedimento

(Dott.Ing. Fabrizio Raffaelli)



