

# **Allegato 3 al Capitolato Tecnico**

**Specifica tecnica per la produzione di ortofoto in scala 1:5000,  
mediante riprese aerofotogrammetriche a colori e NIR con  
risoluzione pixel 20 cm e loro orientamento**

## INTRODUZIONE

### Descrizione della Fornitura

Scopo del presente documento è descrivere i processi di realizzazione ed illustrare le caratteristiche dei prodotti:

- produzione di ortofoto tematica scala 1:5000 su una superficie di circa 100.000 Km<sup>2</sup>. all'anno entro e non oltre il 30 agosto di ogni anno mediante ripresa aereo fotogrammetrica su una superficie di circa 100.000 Km<sup>2</sup>. all'anno nel periodo maggio - luglio;
- processo di aero triangolazione.

L'obiettivo è di contemperare le esigenze:

1. di Agea di disporre in tempi rapidi dei materiali base per produrre ortofoto alla scala 1:5000 per applicazioni prevalentemente tematiche (*Tipo B in [Riferimenti 5]*) utili per i propri compiti istituzionali;
2. dell'Agenzia delle Entrate, delle Regioni e delle Province Autonome di disporre dei materiali base per produrre ortofoto orientate ad applicazioni prevalentemente cartografiche (*Tipo A in [Riferimenti 5]*);
3. delle Regioni e delle Province Autonome di disporre riprese aereo fotografiche idonee alla produzione di cartografia tecnica in scala 1:5.000 e Data Base Geotopografici [*Riferimenti 6, 7, 8*].

L'area di ripresa è indicata di volta in volta e corrisponde annualmente a circa un terzo del territorio nazionale, mediante la copertura di interi territori regionali.

Nei paragrafi seguenti saranno descritte le modalità di acquisizione (ripresa aerea), di processamento e di collaudo dei suddetti prodotti.

Forma parte integrante delle forniture la completa metadattazione di tutti i materiali, intermedi e finali, oggetto di fornitura secondo quanto prescritto negli articoli seguenti. Le schede di metadattazione dovranno rispettare quanto previsto nel DM 10.11.2011 e nei due relativi Allegati [*Riferimenti 12, 13 e 14*] ed a collaudo positivo avvenuto, anche in corso d'opera, dovranno essere registrati nel Repertorio predisposto dall'Agenzia per l'Italia Digitale (gestione ex DigitPA).

Per tutto quanto non direttamente indicato si fa esplicito riferimento ai documenti indicati ai [*Riferimenti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14*] che costituiscono parte integrante e sostanziale del presente disciplinare.

### Sistema di riferimento nativo

Nella georeferenziazione dei fotogrammi aerei si prevede l'utilizzo dei seguenti sistemi di riferimento e di coordinate:

- il sistema geodetico (*datum*) ETRS89 nella sua realizzazione ETRF2000 (epoca 2008.0) materializzato dalla Rete Dinamica Nazionale (RDN), con coordinate Latitudine, Longitudine, Altezza ellissoidica riferite all'Ellissoide GRS80;
- il sistema di riferimento altimetrico, nel quale sono definite le altezze ortometriche, dovrà essere basato sul più recente modello di geoide ITALGEO messo a disposizione di Agea dall'IGM;
- la rappresentazione cartografica conforme UTM (coordinate cartografiche Est, Nord UTM ETRS89 ETRF2000).

Questo sistema di riferimento, detto "nativo", si utilizza nelle singole fasi di produzione quali l'acquisizione dei dati, il rilievo sul terreno, la Triangolazione Aerea.

I materiali prodotti, generati nel sistema di riferimento geodetico cartografico nativo, potranno essere successivamente sottoposti a passaggi in altri sistemi di riferimento, utilizzando i software e i grigliati di trasformazione pubblicati e forniti, esclusivamente per l'utilizzo nell'ambito del presente progetto,

dall'I.G.M. (come ad es. il VERTO\_xx) nella loro versione più recente.

Per la scelta del sistema di riferimento a livello Nazionale, che comunque deve coincidere con quello definito dalla rete dei punti noti presenti nelle aree di intervento, si rinvia a quanto prescritto in [Riferimenti 9].

## CARATTERISTICHE DELLA RIPRESA AEREA

### Requisiti della ripresa

Le riprese aerofotogrammetriche RGB+NIR del territorio devono essere eseguite con camera fotogrammetrica digitale, nel rispetto di tutti i requisiti richiesti dalla tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilevamenti aerofotogrammetrici e comunque, per quanto non espressamente previsto, in aderenza a quanto indicato in [Riferimenti 9].

Gli aeromobili utilizzati devono essere in grado di operare a quote operative idonee a garantire l'esecuzione di riprese aeree compatibili con la scala e la risoluzione del prodotto da ottenere, in funzione del dispositivo di acquisizione adottato.

Le riprese aerofotogrammetriche devono rispettare le specifiche tecniche riportate nei punti che seguono:

- a. la Ditta deve essere in possesso delle autorizzazioni, rilasciate dagli Enti preposti secondo la legislazione vigente, all'effettuazione del sorvolo delle zone oggetto dell'appalto e gli aerei utilizzati per la loro esecuzione devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività;
- b. la camera da presa digitale deve interfacciarsi con un sistema GNSS/ IMU in modo da disporre dei parametri di orientamento esterno delle immagini;
- c. le strisciate devono essere realizzate con assi rettilinei e paralleli, le più lunghe possibili e, preferibilmente, con direzione est-ovest, a meno che le caratteristiche tecnologiche del sistema o le condizioni morfologiche del territorio o altri fattori locali non consiglino direzioni di volo diverse, che dovranno essere oggetto di accettazione da parte della Direzione Lavori (DL) in fase di approvazione del "Progetto di volo". La durata del volo su ogni singola strisciata deve essere tarata in modo da limitare la deriva dell'IMU. Infatti durante un volo rettilineo e livellato l'accelerometro che fornisce l'heading non da informazioni per cui questa viene dedotta dal giroscopio il cui errore produce un effetto incrementale. In queste condizioni la direzione rilevata si discosta progressivamente da quella reale e può essere ripristinata solo a seguito di una virata. Questo effetto pone dei limiti alla massima lunghezza che può avere una strisciata: la durata del volo sulla singola strisciata deve essere tarata in modo da limitare il drift dell'IMU, e quindi la strisciata avrà lunghezza non superiore a 100 Km, comunque di durata inferiore a 20 minuti;
- d. devono essere inoltre realizzate un numero sufficiente di strisciate con andamento trasversale in corrispondenza dei margini del blocco (crossline), la cui realizzazione può anche avvenire in tempi differiti, comunque nel corso della stessa stagione, in modo da evitare interferenze all'attività primaria dell'Agea;
- e. la quota di volo relativa deve essere tale da assicurare che per tutta la copertura aerofotogrammetrica il valore medio del GSD (Ground Sample Distance, l'impronta media a terra del pixel dell'immagine) sia di 0.20 m ;
- f. in aggiunta alla copertura di base, devono essere realizzate strisciate aventi l'asse parallelo all'andamento medio della linea di costa in concomitanza di un'inclinazione di quest'ultima, rispetto alla direzione di volo, compresa tra i 30 e i 60 gradi sessagesimali; dette strisciate devono essere volate in modo che almeno l'80% di ciascun fotogramma contenga la parte di terra (salvo deroghe, concordate con la DL) la cui realizzazione può anche avvenire in tempi differiti, comunque nel corso della stessa stagione, in modo da evitare interferenze all'attività primaria dell'Agea;
- g. devono essere garantite la copertura stereoscopica di tutta l'area oggetto della ripresa aerofotogrammetria e l'assenza di soluzioni di continuità al suo interno. Pertanto il ricoprimento

longitudinale (overlap) dei fotogrammi sull'asse della strisciata deve essere compreso tra il 60% e il 75% della superficie del fotogramma, il ricoprimento laterale (sidelap) delle strisciate adiacenti deve essere compreso tra il 20% ed il 35%. Nei casi di presenza di deriva, rifacimenti e/o cambi di quota assoluta dell'asse di volo, il ricoprimento trasversale fra fotogrammi consecutivi della stessa strisciata non dovrà essere inferiore al 90%;

- h. le variazioni degli elementi di orientamento angolare fra fotogrammi consecutivi, nonché i valori assoluti degli angoli di orientamento  $\phi$ ,  $\omega$  e le variazioni angolari di  $k$  rispetto all'asse di volo, dei singoli fotogrammi, non devono superare 5 gon;
- i. ciascun fotogramma dovrà essere identificato da un codice univoco;
- j. i voli, compatibilmente con le condizioni meteorologiche e con l'estensione dell'area da rilevare, devono essere completati entro un ristretto numero di giorni consecutivi. Nel caso di giorni di stand-by, dovrà essere prodotta la documentazione relativa alla situazione meteo;
- k. le riprese vanno eseguite, nei periodi indicati dall'AGEA, in ore a cavallo del mezzogiorno solare, in modo da ridurre al minimo le ombre, e che:
  - la copertura del terreno da parte della vegetazione non sia completamente coprente dei dettagli topografici, pur essendo garantite le esigenze di una efficace riconoscibilità delle colture (a supporto delle esigenze di caratterizzazione del suolo agricolo di AGEA);
  - sia assente il manto nevoso (ad eccezione delle zone coperte da neve perenne) ;
  - sia assente la foschia;
  - sia assente la copertura nuvolosa; tuttavia, per una celere produzione delle ortoimmagini per i compiti istituzionali di Agea, è tollerata la copertura di nubi su un numero di fotogrammi non superiore al 5% per l'area interessata e, all'interno di ciascun fotogramma, per una superficie non superiore al 15%. Al fine di ottenere l'assenza totale di nubi, ove necessario dovranno essere previsti nuovi voli in tempi successivi in modo da evitare interferenze con l'attività primaria dell'Agea;
  - sia garantita comunque la limitazione e poi la correzione di possibili effetti di fenomeni di differenze di illuminazione tra le varie zone dell'immagine acquisita, denominati hot spot.

In ogni caso l'altezza del sole, rispetto all'orizzonte, non deve essere inferiore a 30° in pianura/collina e 35° in montagna; inoltre nelle zone in ombra non sarà accettabile un contrasto che renda difficoltosa l'osservazione e la corretta interpretazione degli elementi del terreno.

### **Caratteristiche dei velivoli**

Gli aeromobili devono essere in grado di operare a quote operative idonee a garantire l'esecuzione di riprese aeree compatibili con la scala e la risoluzione del prodotto da ottenere, in funzione del dispositivo di acquisizione adottato.

All'atto dell'esecuzione del volo, la Ditta verificherà la taratura e il funzionamento degli strumenti di volo e in particolare dell'altimetro di bordo. Il velivolo dovrà essere obbligatoriamente dotato di sistema di navigazione GNSS per poter eseguire correttamente il piano di volo progettato.

Essi devono essere regolarmente abilitati alla specifica attività ed essere in possesso delle Autorizzazioni all'effettuazione di sorvolo delle zone oggetto dell'appalto, rilasciate dall'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile – Servizio Licenze – ai sensi degli ART. 788 e 793 del Codice di Navigazione, così come modificato dai par. 3 e 4 del D.P.R. 29 settembre 2000, n. 367 e successive integrazioni.

### **Requisiti del sistema di ripresa**

Per le acquisizioni dovranno essere impiegate camere fotogrammetriche digitali che dovranno garantire:

- L'acquisizione di immagini calibrate multispettrali (RGB + NIR) in formato digitale;
- La presenza di un certificato di calibrazione valido o in sua assenza un certificato di rettifica e/o

revisione rilasciato dal fornitore non anteriori ai due anni.

Il sistema di presa deve, inoltre, essere debitamente installato e dotato di sistema IMU e GNSS così da poter garantire procedure di fotogrammetria diretta.

Le camere digitali devono essere state sottoposte a calibrazione geometrica e radiometrica in data non anteriore a due anni dalla data della ripresa; l'impresa esecutrice dovrà consegnare, prima delle riprese, il certificato di calibrazione relativo alla camera che si intende utilizzare rilasciato dalla casa costruttrice della camera o da un laboratorio abilitato dalla stessa casa costruttrice.

I requisiti essenziali richiesti che la camera digitale deve soddisfare sono la risoluzione geometrica (pixel size)  $\leq 12 \mu\text{m}$  e la risoluzione radiometrica  $\geq 12$  bit.

I sistemi di ripresa utilizzati dovranno essere di tipo digitale preferibilmente frame based che possono generare l'immagine finale anche attraverso l'assemblaggio e l'eventuale fusione di più immagini, acquisite da obiettivi separati e su più bande spettrali.

Nel caso di immagini acquisite da più obiettivi, e combinate successivamente via software, sull'immagine risultante non dovranno essere identificabili le linee di separazione tra le varie parti che compongono l'immagine, sia dal punto di vista geometrico (con spostamenti relativi tra una parte e quelle limitrofe) che radiometrico (con differenze di radiometria tra una parte e l'altra).

Nel caso in cui si produca un'immagine multispettrale tramite procedure di pansharpening, l'algoritmo impiegato deve garantire la fedeltà cromatica dei colori, ad esempio senza viraggi verso il blu delle aree vegetate.

### Requisiti del progetto di volo

Prima di procedere all'esecuzione delle riprese aeree fotogrammetriche, la Ditta dovrà predisporre il "Progetto del volo", realizzato in formato digitale SHP e cartaceo, riportato sulla base cartografica a scala 1:25.000 sulla quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- a) la posizione dei singoli centri di presa e l'impronta al suolo dei fotogrammi, con la loro codifica ipotizzata (secondo l'organizzazione e struttura previsti in Allegato I);
- b) l'asse della strisciata, con i limiti (inizio e fine) della copertura stereoscopica con la loro codifica ipotizzata (secondo l'organizzazione e struttura previsti in Allegato I);
- c) Inoltre in una tabella per ogni strisciata dovrà inoltre essere indicato:
  - la quota assoluta di volo prevista;
  - la quota minima e la quota massima della porzione di terreno sorvolato;
  - il periodo previsto per il volo e i relativi orari giornalieri previsti;
  - il GSD minimo e massimo corrispondenti;
  - i vertici della rete IGM95, delle Reti di Raffittimento regionali e/o delle Stazioni Permanenti o i punti di raffittimento appositamente determinati, utilizzati per le stazioni a terra.

Per la progettazione del piano di volo si consiglia l'impiego di un modello altimetrico approssimato a piccola scala (di livello 1 vedi [Riferimento 5].) relativo all'area da rilevare e di idonei software specifici per la progettazione di riprese aerofotogrammetriche.

Ove la morfologia del territorio da rilevare lo richieda, per la presenza di vallate strette e/o rapide variazioni di quota, non si vincolano le strisciate a direzioni prestabilite (vedi punto C del capitolo "Requisiti della ripresa"); fermo restando che là dove possibile, il piano di volo, in rispetto della sicurezza e delle caratteristiche tecniche da fornire, sarà mirato alla ricerca di aree omogenee sulle quali eseguire strisciate rettilinee e parallele.

Per ottenere un irrigidimento del blocco ed una continuità tra strisciate con prua differente, è richiesto che vi sia una sovrapposizione di minimo due fotogrammi tra strisciate intersecanti.

Il piano di volo dovrà essere consegnato e sottoposto all'approvazione del Committente, prima della realizzazione delle riprese.

Le riprese fotogrammetriche del territorio da rilevare devono possedere tutti i requisiti richiesti dalla tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi a grande scala.

In particolare l'esecuzione delle riprese aerofotogrammetriche deve garantire:

- la totale copertura stereoscopica dell'area d'interesse;
- il rispetto dei parametri previsti dal piano di volo (altezza di volo, assi delle strisciate, ricoprimenti, ...) compatibilmente con i vincoli imposti dagli Enti di assistenza al volo, civili e militari;
- il completamento delle riprese deve avvenire, compatibilmente con le condizioni meteorologiche, possibilmente in un esiguo numero di giorni consecutivi.

Le variazioni degli elementi di orientamento angolare fra fotogrammi consecutivi, nonché i valori assoluti degli angoli di orientamento  $\varphi$ ,  $\omega$  e  $k$  dei singoli fotogrammi non devono superare 5 gon.

Il ricoprimento longitudinale (overlap) dei fotogrammi sull'asse della strisciata deve essere, in zone pianeggianti e collinose, pari al 60%, con oscillazioni comprese entro  $\pm 5\%$ , incrementato fino al  $70\% \pm 10\%$  in aree a morfologia accidentata, quali le zone di montagna o aree con forti variazioni trasversali di pendenza;

Il ricoprimento trasversale (sidelap) delle strisciate adiacenti deve essere compreso tra il 20 ed il 35%.

In ogni strisciata lo scostamento orizzontale massimo del punto di presa dall'asse della strisciata medesima, come indicato sul piano di volo, non deve superare 200 m, e deve garantire comunque il valore minimo ammesso per il ricoprimento trasversale. Lo scostamento verticale deve essere contenuto in modo da garantire rigorosamente il rispetto della scala minima ammessa in ciascun punto dei fotogrammi.

Non deve essere presente neve, ad eccezione delle zone coperte da neve perenne.

Rispetto al blocco di acquisizione oggetto di ripresa aerea, si dovranno prevedere all'inizio ed alla fine di ogni strisciata, oltre il limite del blocco interessato dal volo, almeno tre scatti ulteriori.

La quota di volo relativa deve essere tale da garantire che il valore medio del GSD delle immagini ottenute sia di 20cm.

Dovrà essere prodotta opportuna documentazione della situazione meteo nel caso di giorni di stand-by. E' cura di chi effettua il volo programmare gli interventi di manutenzione dell'aeromobile e della strumentazione di bordo, inclusa la camera, in modo che non interferiscano con le tempistiche di volo.

Ciascun fotogramma dovrà essere identificato da un codice univoco, composto concatenando un codice univoco del progetto, la strisciata ed il fotogramma, secondo la struttura "PPPPPP\_SSS\_FFFF". La definizione del codice univoco del progetto è curata dal soggetto che esegue il volo, in modo da garantire che nell'ambito di tutti i lavori oggetto del presente affidamento non si possano produrre fotogrammi aventi lo stesso codice.

Prescrizioni diverse da quelle sopra citate, quali ad esempio il tollerare modeste percentuali di copertura nuvolosa o nevososa, dovranno essere oggetto di esplicita deroga concessa dalla Direzione Lavori.

### **Requisiti delle immagini numeriche**

Le immagini numeriche debbono essere acquisite tramite frame-camera, con GSD medio di 20 cm.

Le immagini saranno fornite con le seguenti caratteristiche:

1. con l'asse orizzontale allineato alla direzione del volo in modo che possano essere utilizzate senza doverle preventivamente ruotare. La fotocamera Vexcel ad esempio produce nativamente delle immagini in formato "landscape", con la disparità, utile alla stereo visione, in direzione verticale, per il loro utilizzo è quindi necessario ruotarle di 90 o 270°;
2. in formato Tiff non compresso, ciascun file comprensivo delle 4 bande (RGB+IR) e completo del campo interno di descrizione (che può essere utilizzato per inserire all'interno dell'immagine un testo libero) che contenga almeno le seguenti informazioni:

a) data ed ora di acquisizione

- b) ditta esecutrice del rilievo
- c) Ente committente del rilievo
- d) Sigla dell'aeromobile
- e) Nome attribuito al rilievo
- f) Marca e caratteristiche primarie (focale, dimensione del pixel) della fotocamera
- g) Posizione GPS
- h) Angolo di volo rispetto al Nord

3. in formato JPG, con risoluzione ridotta e con fattore di compressione di circa 10, da utilizzare come quickview per la verifica rapida delle immagini, delle coperture nuvolose, ecc.;
4. file shape dell'impronta dei fotogrammi, con geometria POLYGON (secondo l'organizzazione e struttura previsti in Allegato I);
5. file shape degli assi di volo "reali", con geometria LINE (secondo l'organizzazione e struttura previsti in Allegato I) Shape e file testuale dei centri di presa con geometria POINT (secondo l'organizzazione e struttura previsti in Allegato I);
6. File shape dei modelli "reali" (ricavato eseguendo l'unione spaziale di tutte le coppie di fotogrammi adiacenti appartenenti alla stessa strisciata), con geometria POLYGON ed avente quali campi del dbf:
  - 1) Left: tipo stringa valorizzato col codice univoco del fotogramma di sinistra
  - 2) Right: tipo stringa valorizzato col codice univoco del fotogramma di destra
  - 3) Strip: tipo stringa valorizzato col codice della strisciata a cui il modello appartiene (Aggiunta di CISIS);
7. File shape del GSD "reale" (ricavato calcolando la dimensione del pixel in corrispondenza di ciascun vertice secondo la formula  $GSD = h * p / f$  " dove GSD è dimensione del pixel in unità metriche (micron), h è la quota rispetto al suolo, p è la dimensione del pixel del sensore della fotocamera ricavata dal certificato (micron) ed f è la lunghezza focale della fotocamera ricavata dal certificato (metri)), con geometria POINTZ ed avente quali campi del dbf:
  - a. Photo: tipo stringa valorizzato col nome del fotogramma di appartenenza
  - b. Strip: tipo stringa valorizzato col nome della strisciata a cui il vertice appartiene.

Tutto quanto sopra previsto deve essere realizzato garantendo il rispetto dei tempi imposti da AGEA della programmazione delle attività.

La verifica e l'approvazione dei Grafici di Volo, quali risultanti dai dati reali acquisiti dalla strumentazione di bordo ed a terra, e dalle immagini consegnate (in termini di efficace copertura dell'area da rilevare, rispetto delle specifiche previste e di qualità dei fotogrammi) è condizione per la successiva attivazione dei processi di ortoproiezione (ortoimmagini tematiche alla scala 1:5000 con pixel medio di 20 cm).

### **Requisiti della strumentazione a bordo - Sistema GNSS**

E' richiesta la determinazione diretta dei centri di presa durante la ripresa ed è prescritto l'uso di un ricevitore GNSS, a doppia frequenza, dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante di scatto; quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore al millesimo di secondo.

L'acquisizione dei dati GNSS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz, con ricezione continua di almeno 5 satelliti e PDOP  $\leq 5$ .

Il rilievo dovrà essere corredato da una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la

determinazione, con camera in assetto normale ( $\phi$ ,  $\omega$  e  $k$  nulli), del vettore congiungente il centro di presa e il centro di fase dell'antenna GNSS (lever arm), le componenti del vettore nel sistema immagine e i relativi s.q.m.

Le componenti planimetriche relative alla posizione del centro di fase dell'antenna rispetto al centro di presa della camera fotogrammetrica devono essere preferibilmente entro 0,90 m, se la camera fotogrammetrica è abbinata a una piattaforma stabilizzatrice.

Per la validità del volo di ripresa di ciascun blocco occorre che, per almeno il 90% dei fotogrammi, sia possibile ricostruire la posizione del centro di fase dell'antenna all'istante di scatto dal trattamento GNSS delle misure di fase. In nessun caso è ammissibile che per una strisciata di bordo di un blocco risultino indeterminati più di cinque fotogrammi consecutivi o più del 30% delle posizioni. Qualora le condizioni di cui sopra non siano rispettate, il volo dovrà essere ripetuto per le strisciate con le lacune più numerose, fino a rientrare nei limiti di cui sopra, ovvero si dovranno effettuare le operazioni di appoggio a terra necessarie per l'integrazione dei dati mancanti.

Deve essere prevista la consegna di:

- a) File in formato rinex prodotto dal ricevitore a bordo dell'aereo relativo all'intera missione (file delle osservazioni e file della navigazione);
- b) File in formato rinex relativi ai dati delle stazioni a terra (file delle osservazioni e file della navigazione, per ogni stazione). Nel caso tali file siano stati tagliati per fasce orarie, ogni stazione darà luogo ad una coppia di file per ogni ora di durata della missione.

### **Requisiti della strumentazione a bordo - Sistemi Inerziali**

E' richiesto l'uso di sistemi inerziali (IMU) per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma, essi devono essere caratterizzati da s.q.m. non superiore a  $\pm 0.005$  gradi decimali per  $\omega$  e  $\phi$  non superiore a  $\pm 0.008$  gradi decimali per  $k$ .

Dal trattamento dei dati rilevati dai sensori inerziali deve essere possibile la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno nel rispetto delle stesse percentuali definite per le coordinate dei centri di presa; in caso contrario si procederà analogamente a quanto ivi disposto.

Il complesso delle attrezzature fotogrammetriche (camera da presa + sistema GNSS/IMU) deve essere sottoposto a calibrazione prima dell'esecuzione dei voli.

Il rilievo dovrà essere corredato da una relazione che illustri le modalità di misura impiegate nella calibrazione del sistema inerziale.

I dati di posizione e assetto determinati dall'uso di sistemi GNSS/IMU devono essere corredati da una relazione che illustri le modalità di misura impiegate per la determinazione, con camera in assetto normale ( $\phi$ ,  $\omega$  e  $k$  nulli), dei vettori congiungenti il centro di presa, il centro di fase dell'antenna GNSS e l'origine del sistema inerziale, le componenti dei vettori nel sistema immagine e i relativi sqm.

I parametri di orientamento esterno saranno sottoposti a verifica di consistenza interna mediante il confronto tra le coordinate di punti nelle zone di sovrapposizione tra modelli consecutivi e tra modelli appartenenti a strisciate contigue, determinati in ciascun modello formato indipendentemente con i parametri dei fotogrammi che lo compongono.

### **Strumentazione a terra**

Durante le riprese devono essere attivati sul terreno almeno tre ricevitori con le medesime caratteristiche di quello a bordo.

In accordo con quanto scritto in precedenza, la rete GNSS di terra deve essere progettata in modo tale da:

- a. avere i ricevitori posti su vertici IGM95 o su vertici determinati mediante la misura di almeno due linee di base che li colleghino ai più vicini vertici della rete IGM95 (per i quali siano disponibili le coordinate nel sistema di riferimento ETRF2000 - epoca 2008.0 - materializzato dalla RDN), o su vertici determinati



- mediante la misura di almeno due linee di base che li colleghino ai vertici della rete IGM95 o stazioni permanenti possibilmente inquadrare nella RDN e siano collegati alla rete di stazioni permanenti delle Regioni e Province Autonome ove presenti;
- b. ciascuno deve tracciare almeno 5 satelliti tra quelli ricevuti sull'aereo;
  - c. coprire omogeneamente l'area di acquisizione;
  - d. non avere ricevitori posti tra di loro ad una distanza inferiore a 10 Km;
  - e. non superare i 50 Km (a seconda dalle condizioni atmosferiche previste durante l'acquisizione) di distanza tra il vettore aereo e il ricevitore fisso più vicino. I dati delle suddette stazioni devono essere corredati con file ancillari in cui vengono riportate le coordinate di tutti i ricevitori utilizzati con accuratezza centimetrica. Possono essere utilizzate stazioni permanenti disponibili nella zona del volo e già inquadrare nel sistema di riferimento ETRF2000 (epoca 2008.0).
  - f. Le quote ortometriche H devono provenire dalla trasformazione delle quote ellissoidiche secondo il più recente modello geoidico ITALGEO.

Poiché le stazioni di riferimento a terra consentono di determinare tre soluzioni indipendenti per ciascun centro di presa, è possibile, giustificando le scelte fatte, definire la posizione impiegando una combinazione lineare delle tre posizioni o una soluzione di rete GNSS..

I dati misurati dalla strumentazione, GNSS – IMU hanno lo scopo di alleggerire il processo di orientamento delle immagini. E' quindi fondamentale che l'accuratezza di questi possa essere certificata e verificata. In particolare per quanto riguarda il sistema GNSS la ditta dovrà fornire il tracciato rinex del ricevitore di bordo relativo all'intera durata della missione e con intervallo di campionamento possibilmente inferiore al secondo. Dovrà inoltre fornire i file rinex registrati dalle stazioni a terra utilizzate. Questi dovranno coprire temporalmente tutta la durata della missione ed avere un intervallo di campionamento non superiore ad 1 secondo.

## **Processamento dei dati per la produzione di ortofoto tematiche in scala 1:5000**

### **PRE-PROCESSAMENTO GENERAZIONE DELLE IMMAGINI DIGITALI DA PROCESSARE**

Il processo per passare dal dato acquisito dalla camera alle singole immagini finali dovrà essere gestito secondo le seguenti indicazioni:

- assemblaggio di output da diversi obiettivi per la generazione di un'unica immagine;
- data fusion tra bande multispettrali e immagine pancromatica;
- processamento radiometrico per esaltare la leggibilità delle immagini.

Le immagini generate devono essere caratterizzate da una codifica univoca. Qualsiasi dato associato all'immagine (ad esempio i parametri di orientamento) deve essere in linea con la codifica definita. Non è ammesso che una stessa immagine, appartenente allo stesso progetto, abbia codici differenti.

Nella fase di processamento delle immagini è richiesto di massimizzare le successive attività di produzione delle ortofoto producibili, anche al di fuori dell'area di interesse, sulla base del volo realmente effettuato. Non è ammesso l'utilizzo di immagini derivanti da altri progetti o relativi ad incarichi precedenti per completare le ortofoto parziali.

### **DATA FUSION**

Il processo di data fusion viene applicato per quella tipologia di sensori che, partendo da immagini pancromatiche a risoluzione maggiore e immagini multispettrali acquisite a risoluzione minore, impiegano algoritmi di pansharpening per generare, via software, delle immagini multispettrali alla risoluzione dell'immagine pancromatica. Questo processo può essere realizzato con algoritmi diversi, che producono

risultati diversi, privilegiando maggiormente l'aspetto radiometrico o quello geometrico. In ogni caso, la procedura di data fusion dovrà:

- a. preservare i colori delle immagini multispettrali;
- b. non introdurre saturazioni che alterino la leggibilità dell'immagine;
- c. non presentare viraggi verso tonalità diverse da quelle originali (in particolare viraggi verso il blu della vegetazione);
- d. non introdurre differenze radiometriche significative tra immagini consecutive della stessa strisciata;
- e. non degradare la risoluzione geometrica originaria dell'immagine pancromatica.

### PROCESSAMENTO RADIOMETRICO

Il processamento radiometrico ha come obiettivo la realizzazione di immagini a 8 bit per ciascuna banda (RGB + NIR) di input per la fase di ortoproiezione, mosaicatura e restituzione. Le immagini devono essere processate in modo da aumentarne la leggibilità e ridurre e compensare le differenze sia radiometriche che di illuminazione tra le varie immagini appartenenti alla stessa strisciata o volati nel corso della stessa missione di acquisizione.

Essendo il processamento radiometrico applicabile anche in sede di mosaicatura, in questa fase esso potrà essere più o meno spinto.

In ogni caso, il processamento radiometrico in generale dovrà:

- non introdurre saturazioni verso i valori più alti che compromettano irreversibilmente la leggibilità dell'immagine;
- consentire la corretta discriminazione di elementi territoriali all'interno delle zone più scure, quali quelle d'ombra, senza saturare su valori bassi l'immagine;
- deve essere garantita la massima riduzione dei fenomeni di hotspot;
- mantenere il più possibile inalterati i colori delle immagini, limitandosi alle sole modifiche della luminosità e del contrasto, e correggendo solo eventuali viraggi verso una tonalità dominante;
- non appiattire eccessivamente la dinamica delle singole immagini.

### PROCESSAMENTO DATI GNSS/IMU

Una volta terminata la fase di acquisizione dei fotogrammi è di primaria importanza il corretto processamento dei dati di navigazione (GNSS/IMU) registrati a bordo.

In particolare, questa fase può essere sinteticamente suddivisa attraverso l'esecuzione di tre step consecutivi:

1. Raw data ingestion (GNSS/IMU di bordo e GNSS di terra): download e analisi di qualità dei dati grezzi di navigazione registrati a bordo e a terra durante l'acquisizione;
2. DGNSS processing: elaborazione DGNSS dei dati GNSS di bordo mediante la rete di stazioni di riferimento dislocate a terra;
3. DGNSS/IMU data fusion: fusione dei dati DGNSS e IMU.

L'obiettivo finale, in accordo con quanto scritto in precedenza, consisterà nella produzione di un documento di testo in cui siano disponibili, per ogni istante di acquisizione della fotocamera:

- le coordinate del centro di presa (E,N,H) con accuratezza  $ENH \leq \pm 0,20$  m (dove E e N sono le coordinate piane nel sistema cartografico di riferimento e H l'altezza ortometrica);
- i parametri di orientamento dei fotogrammi ( $\omega, \phi, k$ ) con la seguente accuratezza:
  - $\omega \leq \pm 5$  mdeg
  - $\phi \leq \pm 5$  mdeg
  - $k \leq \pm 8$  mdeg

### DATI AUSILIARI

I Dati ausiliari, certificati, necessari alla produzione del ortofoto sono:

- DTM
- Punti di Appoggio

- CTR vettoriale
- Grigliati IGM – Versione GK2
- Accesso ai dati delle stazioni GPS permanenti dove presenti

E' a carico del Committente la fornitura dei dati ausiliari, opportunamente certificati (almeno 60 giorni prima dell'inizio delle riprese aeree), che consentano la produzione del prodotto richiesto secondo le tolleranze e le specifiche richieste.

I dati ausiliari propedeutici alla realizzazione delle ortoimmagini che AGEA fornirà alle Ditte saranno esclusivamente quelli resi disponibili dall'IGM e dalle Regioni e Province Autonome attraverso il CISIS.

### **PUNTI DI APPOGGIO E DI CONTROLLO**

I punti di appoggio (GCP) da utilizzare per il calcolo della Triangolazione Aerea devono essere misurati mediante rilievo in campagna con metodologia satellitare. Non è ammesso l'impiego di punti desunti da cartografia tecnica preesistente.

È richiesta l'acquisizione anche di altri punti, detti punti di controllo (CP), che verranno utilizzati non in fase di stima dei parametri di orientamento, ma per fornire un utile controllo di precisione del prodotto finale. Il numero e la distribuzione dei GCP e dei CP deve essere tale da garantire il rispetto delle precisioni del prodotto da generare.

Per quanto riguarda i primi ne devono essere misurati non meno di una decina per blocco o sottoblocco di immagini da inquadrare, per i secondi il loro numero, distribuito uniformemente nell'area di interesse, deve essere tale da consentire una analisi statistica significativa.

Per i punti ottenuti tramite rilievi a terra, sono prescritte le seguenti accuratezze: E,N =  $\pm 0,05$  m; H =  $\pm 0.15$  m. Ciascun punto impiegato dovrà essere descritto tramite una monografia contenente le seguenti informazioni:

- identificativo del punto;
- coordinate geografiche;
- modalità di misura;
- schizzo o foto, prospettiva o nadirale, per consentire l'identificazione univoca del punto sulle immagini.

### **Orientamento delle immagini da aereo mediante TA**

La Triangolazione Aerea (TA) avrà come input immagini preprocessate radiometricamente, corredate dell'orientamento iniziale calcolato in fase di preprocessing.

La metodologia di calcolo adottata dovrà essere quella rigorosa ed a stelle proiettive.

Il blocco che insiste sulla totalità del territorio oggetto del rilievo può essere suddiviso in sotto-blocchi aventi mutua sovrapposizione, costituiti da almeno un migliaio di immagini ciascuno a meno di particolari situazioni da concordare con la DL.

Il risultato della compensazione, per ciascun sotto-blocco, è ritenuto accettabile quando gli scarti sui punti sono inferiori ai seguenti valori:

- scarti residui sui punti di appoggio (GCP) ottenuti nella fase di TA per le finalità di AGEA:
  - 0.80 metri CE95% in planimetria;
  - 0.90 metri LE95% in altimetria;
- scarti residui sui punti di controllo (CP) ottenuti nella fase di TA per le finalità di AGEA:
  - 1.50 metri CE95% in planimetria;
  - 1.80 metri LE95% in altimetria.
- scarti residui sui punti di appoggio (GCP) ottenuti nella fase di TA da realizzare a cura dell'IGM:
  - 0.60 metri CE95% in planimetria;
  - 0.50 metri LE95% in altimetria;
- scarti residui sui punti di controllo (CP) ottenuti nella fase di TA da realizzare a cura dell'IGM::
  - 0.70 metri CE95% in planimetria;
  - 0.60 metri LE95% in altimetria.
- scarto residuo su punti di legame e di appoggio nella lettura delle immagini :

1 pixel

Le precisioni (s.q.m.) con cui determinare i parametri di orientamento esterno delle immagini sono almeno le seguenti:

a. Coordinate del centro di presa:

E, N, H =  $\pm 0.20$  m;

b. parametri angolari di orientamento dei fotogrammi:

$\phi$ ,  $\omega$  =  $\pm 6$  mdeg;

k =  $\pm 8$  mdeg.

## DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE DOPO IL VOLO

| ID | Descrizione del Deliverable  |
|----|--|
| 1  | Relazione descrittiva delle procedure seguite  |
| 2  | Verbale di controllo di qualità interna del volo che contenga i punti indicati nei controlli di qualità;   |
| 3  | Fotogrammi in formato nativo digitale(raw) (vedi specifiche e prodotti previsti in "Requisiti delle immagini numeriche")   |
| 4  | Report di calibrazione del sistema GNSS/IMU prima dell'inizio attività e dopo il volo  |
| 5  | Relazione descrittiva delle procedure eseguite per la misura dei lever arm   |
| 6  | Autocertificazione della data di volo  |
| 7  | Certificato di taratura della camera fotogrammetrica   |
| 8  | Relazione sulla verifica dell'assenza di neve e nuvole nelle immagini  |
| 9  | Relazione sulla verifica di completezza della copertura stereoscopica, in forma grafica e tabellare  |
| 10 | Piano di volo  |
| 11 | Grafico delle strisciate, allestito per ciascuna giornata di volo, in formato DXF o SHP, con indicazione del codice identificativo di ciascun fotogramma e della sua copertura effettiva (tenuto conto della morfologia del terreno);  |
| 12 | file in formato SHP secondo le specifiche del National Core di cui ai Riferimenti 6 e 7 (Regole tecniche DM 2011) contenenti le informazioni relative ai grafici di volo per l'intero territorio servito: <ul style="list-style-type: none"> <li>• assi di volo</li> <li>• centri di presa</li> <li>• abbracciamento al suolo di tutti i fotogrammi;</li> </ul>  |
| 13 | File TXT (vedi Allegato I) nel quale per ogni fotogramma acquisito sia possibile leggere: <ul style="list-style-type: none"> <li>- lo strip.ID (numero sequenziale utilizzato come identificativo della strisciata a cui appartiene il fotogramma);</li> <li>- il photo.ID (numero sequenziale utilizzato come identificativo del fotogramma) e per ogni immagine: <ul style="list-style-type: none"> <li>o le coordinate del centro di presa (E , N , H);</li> <li>o i parametri angolari di orientamento (<math>\phi</math>, <math>\omega</math> e k)</li> </ul> </li> <li>- la data di presa;</li> <li>- l'ora di presa.</li> </ul> <p style="text-align: center;">14</p> File in formato rinex prodotto dal ricevitore a bordo dell'aereo relativo all'intera missione (file delle osservazioni e file della navigazione). (Punto spostato nelle |

forniture)

15

File in formato rinex relativi ai dati delle stazioni a terra (file delle osservazioni e file della navigazione, per ogni stazione). Nel caso tali file siano stati tagliati per fasce orarie, ogni stazione darà luogo ad una coppia di file per ogni ora di durata della missione. (Punto spostato nelle forniture)

16

File contenente tutti i dati di acquisizione del sistema IMU  
Tutti i Deliverable devono essere prodotti adeguati su supporti digitali (hard disk rimovibili, DVD, ...) e sottoscritti digitalmente.

Tutti i Deliverable devono essere prodotti adeguati su supporti digitali (hard disk rimovibili, DVD, ...) e sottoscritti digitalmente.

### DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE DOPO IL PROCESSAMENTO

| ID | Descrizione del Deliverable   |
|----|---|
| 17 | Immagini in formato .tif non compresso, a 8 o a 16 bit, processate radiometricamente  |
| 18 | Relazione contenente il tabulato del calcolo di Triangolazione Aerea contenente: <ul style="list-style-type: none"> <li>- indicazioni sulla struttura del blocco (numero di strisciate, di fotogrammi, numero di punti di appoggio planimetrici ed altimetrici, numero di punti di controllo, numero medio di punti di passaggio per fotogramma)</li> <li>- file di testo contenente l'elenco dei fotogrammi e dei relativi parametri calcolati: nome_foto, X, Y, Z, <math>\omega</math>, <math>\phi</math>, K</li> <li>- parallassi residue;</li> <li>- coordinate plano-altimetriche e deviazioni standard dei punti di legame</li> <li>- scarti nelle coordinate plano-altimetriche, deviazioni standard dei GCP. scarti nelle coordinate plano-altimetriche e deviazioni standard dei CP.</li> </ul>  |
| 19 | Relazione contenente le monografie e la documentazione di tutti: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. i punti di appoggio (GCP)</li> <li>b. i punti di controllo (CP) utilizzati;</li> <li>c. le stazioni GNSS a terra</li> <li>d. le stazioni permanenti utilizzate</li> </ol> le monografie dei GCP e dei CP devono contenere le seguenti informazioni: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Codice univoco attribuito al punto (i primi sei caratteri del codice devono corrispondere al codice ISTAT del comune in cui il punto ricade)</li> <li>2. Immagine fotografica del particolare</li> <li>3. Schizzo della zona con evidenziato il particolare misurato</li> <li>4. Coordinate del punto (Geografiche, proiettate UTM32\33 con quota ellissoidica ed ortometrica)</li> <li>5. descrizione atta a facilitare la collimazione del particolare</li> <li>6. Elenco dei fotogrammi in cui esso appare</li> <li>7. ciascuna monografia corredata di un file DBF contenente il codice univoco, le coordinate del punto e la descrizione riportata nella monografia (max 255 caratteri).</li> </ol> |

Tutti i Deliverable devono essere prodotti adeguati su supporti digitali (hard disk rimovibili, DVD, ...) e sottoscritti digitalmente.

## Metadati

I metadati sono parte integrante dei dati che caratterizzano il prodotto finale e quelli intermedi. Per la strutturazione delle informazioni inerenti i metadati si rinvia a quanto prescritto nel DM 10.11.2011 e nei due relativi Allegati [Riferimenti 12, 13 e 14].

| ID | Descrizione del Deliverable  |
|----|--|
| 20 | Relazione contenente le monografie di tutti i materiali, intermedi e finali, oggetto di fornitura, redatte in aderenza alle norme di cui ai [Riferimenti 12, 13 e 14] nonché le risultanze del loro inserimento nel Repertorio predisposto dall’Agenzia per l’Italia Digitale (gestione ex DigitPA). |

Tutti i Deliverable devono essere prodotti adeguati su supporti digitali (hard disk rimovibili, DVD, ...) e sottoscritti digitalmente.

## I CONTROLLI DI QUALITA’

### Il controllo della strumentazione

La camera fotogrammetrica e il velivolo devono rispondere alle prescrizioni descritte in precedenza. I vari controlli devono essere effettuati attraverso il certificato di calibrazione o per mezzo della calibrazione su idoneo poligono di volo.

Il sistema di georeferenziazione diretta delle immagini fotogrammetriche deve essere calibrato prima e dopo l’esecuzione del volo in oggetto. La verifica di questa fase si attua analizzando i report di calibrazione del sistema GNSS/IMU effettuati prima e dopo il volo.

Le verifiche devono essere effettuate attraverso l’esame dei report relativi al materiale, alla strumentazione e alle elaborazioni.

### Il controllo di qualità interna

Immediatamente dopo il volo di ripresa la Ditta controllerà la qualità delle immagini e invierà una relazione al Committente. Il “verbale di controllo di qualità interna del volo” dovrà fornire informazioni, fra l’altro, sui seguenti punti:

- foschia e altri fattori che influenzano la qualità dell’immagine;
- controllo di nitidezza delle immagini, assenza di fenomeni di hot-spot e di colori innaturali degli elementi ripresi;
- visibilità degli eventuali punti d’appoggio;
- relazione tecnica generale, comprendente le specifiche fornite per l’esecuzione del volo di ripresa;
- rispetto del piano di volo, in particolare degli assi delle strisciate e del GSD;
- sovrapposizione longitudinale e trasversale minima ed eventuali lacune nella copertura;
- data e ora del volo secondo le prescrizioni del capitolato di oneri;
- lacune dovute a copertura nuvolosa.

In caso di inosservanza delle prescrizioni tecniche, il volo di ripresa deve essere ripetuto, parzialmente o interamente, in relazione ai difetti riscontrati.

Le verifiche devono essere effettuate attraverso l’esame dei report relativi al materiale, alla strumentazione e alle elaborazioni.

### Il Collaudo dei voli

Le operazioni di collaudo devono comprendere il collaudo dei parametri caratterizzanti le fasi intermedie (collaudo in corso d’opera) e di quelli stabiliti per il prodotto finale (collaudo finale). Devono inoltre comprendere il controllo della strumentazione utilizzate e delle modalità operative.

La validazione dovrà essere effettuata, pertanto, attraverso:

- un controllo di qualità sulle fasi intermedie (Collaudo in corso d'opera);
- un controllo di qualità sul prodotto finale (Collaudo Finale).

Qualora non sia possibile eseguire da parte della committente la fase dei collaudi previsti in corso d'opera (collaudi sulle fasi intermedie), il prodotto verrà accettato esclusivamente sulla base dei controlli di qualità sul prodotto finale.

Saranno oggetto delle operazioni di collaudo:

- risultanze del controllo di qualità interna del volo;
- collaudi in corso d'opera (qualità delle fasi intermedie);
- il piano di volo ed il suo rispetto in fase esecutiva;
- i certificati di calibrazione disponibili aggiornati;
- i periodi nei quali è stato effettuato il volo;
- la verifica della continuità nella copertura stereoscopica del territorio fotografato e della corrispondenza fra strisciate eseguite e progettate;
- l'eventuale presenza di copertura nuvolosa;
- il controllo preliminare della scala minima di tutti i fotogrammi, dei ricoprimenti longitudinali e trasversali, dei parametri angolari di volo;
- il controllo della dimensione a terra dei pixel, GSD, e la copertura nuvolosa e delle ombre da esse riportate secondo le tolleranze richieste ;
- il controllo dei tabulati di triangolazione;
- il controllo dell'orientamento dei fotogrammi;
- il controllo della qualità geometrica e radiometrica delle singole immagini;
- il formato del dato;
- la codifica;
- per tutte le immagini la presenza della data e ora della presa;
- le parallassi residue nella formazione del modello, che non devono superare in nessun punto  $\pm 10 \mu\text{m}$ .

In particolare il collaudo consisterà nell'analisi dei documenti di post-elaborazione e nella verifica mediante restituzione delle coordinate di almeno cinque punti determinati con operazioni di posizionamento GNSS a terra, nonché la verifica dei valori assoluti da ricalcolare in modo indipendente e delle variazioni tra fotogrammi contigui dei parametri angolari di orientamento esterno, per un numero di immagini in percentuale non inferiore al 5% del totale delle immagini oggetto della presa.

### **Il Collaudo dei dati GNSS/IMU**

In fase di collaudo verranno verificati:

- a. la qualità dei dati grezzi di navigazione mediante:
  - analisi dei dati IMU (ricerca di eventuali data-gap);
  - analisi dei dati GNSS (ricerca di eventuali data-gap o errate temporizzazioni, numero e affidabilità dei satelliti osservati);
  - analisi dei file ancillari dove vengono memorizzati gli istanti di acquisizione delle immagini registrate (ricerca di eventuali data-gap o errate temporizzazioni);
  - i report delle misure delle baseline effettuate in campagna e le relative schede di stazione;
- b. la qualità dell'output prodotto durante la fase di DGNS processing:
  - analisi dei dati GNSS di input ;
  - numero e affidabilità dei satelliti impiegati;
  - verifica delle misure delle baseline utilizzate;
  - analisi dell'accuratezza del dato di output;
  - le accuratèzze delle coordinate dei centri di presa della camera fotogrammetrica stimate in fase di elaborazione devono soddisfare i limiti precedentemente indicati;
  - il calcolo di compensazione.

Le acquisizioni della strumentazione GNSS devono permettere un corretto posizionamento cinematico del velivolo entro le accuratezze stabilite. In particolare occorre analizzare:

- la bontà delle configurazioni satellitari del ricevitore GNSS posto sul velivolo e dei ricevitori a terra (almeno 3): coperture satellitari con almeno 5 satelliti e andamento del PDOP con valori sempre minori di 5;
- la correttezza dell'applicazione del più recente modello di geoide messo a disposizione dell'Agea da parte dell'IGM (attualmente tramite le griglie GK2 da utilizzare nella procedura Verto) per la determinazione delle quote ortometriche dei centri di presa.

### **Il Collaudo della Triangolazione Aerea**

In fase di collaudo saranno verificati:

- a. gli algoritmi adoperati;
- b. le parallassi residue;
- c. l'analisi delle deviazioni standard sui punti di legame;
- d. le operazioni di orientamento, tramite l'analisi dei residui dei punti di appoggio e di controllo.

### **Il Collaudo dei Punti di Appoggio impiegati**

In fase di collaudo saranno verificati:

- a. il numero di punti di appoggio (GCP) adoperati per blocco o sottoblocco;
- b. la posizione dei GCP all'interno del blocco o sottoblocco;
- c. gli scarti dei GCP per blocco o sottoblocco ;
- d. il numero di punti di appoggio (CP) adoperati per blocco o sottoblocco;
- e. la posizione dei CP all'interno del blocco o sottoblocco;
- f. gli scarti dei CP per blocco o sottoblocco .

Il Collaudatore potrà effettuare misure di campagna per determinare le coordinate plano-altimetriche di CP allo scopo di verificare autonomamente gli scarti per ognuno dei blocchi o sottoblocchi.

### **COMPLETEZZA DATI**

In fase di collaudo si verificherà che:

- tutta l'area sia coperta da dati immagine in modo stereoscopico;
- tutta la documentazione a corredo di ciascun immagine sia stata prodotta;
- tutta la documentazioni ausiliaria richiesta (esempio: certificati di calibrazione, piani e grafici di volo, ecc.) siano stati consegnati;
- la nomenclatura sia esatta e univoca;
- i formati adottati siano quelli previsti.

### **RELAZIONI DI COLLAUDO IN CORSO D'OPERA E COLLAUDO FINALE**

Al termine di ciascuna operazione di collaudo il Collaudatore invierà alla Direzione dei Lavori, che ne trasmetterà copia alla Ditta appaltatrice, una relazione dettagliata delle risultanze positive o negative delle verifiche eseguite.

Eventuali risultanze negative dei collaudi effettuati in corso d'opera saranno comunicate contestualmente all'operazione di verifica al fine di permettere per tempo e senza ulteriori oneri l'adeguamento della fase in corso d'opera.

Successivamente alla consegna definitiva e al collaudo positivo di tutti gli elaborati relativi alle singole fasi operative, verrà redatto il verbale di collaudo finale.

Il Collaudatore provvederà anche a misurare, in contraddittorio con la Ditta esecutrice, la superficie totale effettivamente rilevata.



## Acronimi e abbreviazioni utilizzati nel documento

|           |   |
|-----------|---|
| CE95%     | Circular Error 95%  |
| CISIS     | Centro Interregionale per i SISTemi Informatici, geografici e statistici                                  |
| CP        | Check Point   |
| CPSG      | Comitato Permanente Sistemi Geografici  |
| Datum     | Set di valori usati per definire un sistema geodetico di riferimento                                      |
| DGNSS     | Differential Global Navigation Satellite System   |
| DXF       | Drawing eXchange Format   |
| E,N,H E,N | coordinate piane nel sistema cartografico TM33  |
| ETRF2000  | European Terrestrial Reference Frame 2000 frame based   |
| GCP       | Ground Control Point  |
| GNSS      | Global Navigation Satellite System  |
| gon       | unità di misura angolare centesimale  |
| GRS       | Ground Reference Station  |
| GSD       | Ground Sample Distance  |
| H         | altezza ortometrica   |
| IMU       | Inertial Measurement Unit   |
| INS       | Inertial Navigation System  |
| LE95%     | Linear Error 95%  |
| lever-arm | distanza dell'antenna GNSS dal centro geometrico del sistema di acquisizione, e dal sensore inerziale IMU |
| PDOP      | Position Dilution Of Precision  |
| s.q.m.    | scarto quadratico medio   |
| SHP       | SHaPefile   |
| TA        | Triangolazione Aerea  |
| TM33      | sistema cartografico Tansverse Mercatore zona 33  |
| UTM       | proiezione Universale Trasversa di Mercatore o anche <i>Proiezione Conforme di Gauss</i>                  |

## Riferimenti

|   |   |
|---|---|
| 1 | DM 10 novembre 2011 "Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000".   |
| 2 | Allegato 1 del DM novembre 2011 "Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000"., contenente "Ortofoto digitali per applicazioni di tipo cartografico alla scala nominale 1:10000 – Specifiche tecniche".    |
| 3 | Allegato 1 del DM novembre 2011 " "Regole tecniche per la formazione, la documentazione e lo scambio di ortofoto digitali alla scala nominale 1:10000", contenente "Ortofoto digitali per applicazioni di tipo tematico alla scala nominale 1:10000 – Specifiche tecniche".       |
| 4 | Linee Guida "Ortoimmagini 1:10000 e Modelli Altimetrici" recepito dal Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali della pubblica amministrazione il 22/07/2009.   |
| 5 | M.A. Brovelli, A. Cina, M. Crespi, A. Lingua, A. Manzano, L. Garretti "Linee Guida "Ortoimmagini e Modelli Altimetrici a grande Scala" approvate dal Comitato Permanente Sistemi Geografici del Centro Interregionale Sistemi Informatici, Geografici e Statistici il 20/03/2012. |

|    |   |
|----|---|
| 6  | DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”.   |
| 7  | Allegato 1 del DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”., contenente “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”.  |
| 8  | Allegato 2 del DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”., contenente “Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici”.  |
| 9  | DM 10 novembre 2011 “Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale”.  |
| 10 | Allegato 1 al DM 10 novembre 2011 “Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale” contenente “Elenco delle stazioni permanenti utilizzate nella realizzazione della Rete Dinamica Nazionale (RDN)”.   |
| 11 | Allegato 2 al DM 10 novembre 2011 “Adozione del Sistema di riferimento geodetico nazionale” contenente “Specifiche tecniche per le stazioni permanenti appartenenti alla Rete Dinamica Nazionale (RDN)”.  |
| 12 | DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso”.   |
| 13 | Allegato 1 al DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso”, contenente “Elenco dei dati territoriali di interesse generale di cui all’articolo 59, comma 3, del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82”. |
| 14 | Allegato 2 al DM 10 novembre 2011 “Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio nazionale dei dati territoriali, nonché delle modalità di prima costituzione e di aggiornamento dello stesso”, contenente “Specifiche tecniche per la formazione e l’alimentazione del Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali”.                          |

## Allegato I

### Definizione strutture dati per la consegna di assi di volo, centri di presa e impronta al suolo fotogrammi

Da utilizzarsi per la verifica e validazione del Piano di Volo (propedeutica alla esecuzione dei rilievi) e per la consegna e collaudo della Fornitura (dopo la effettuazione dei rilievi)

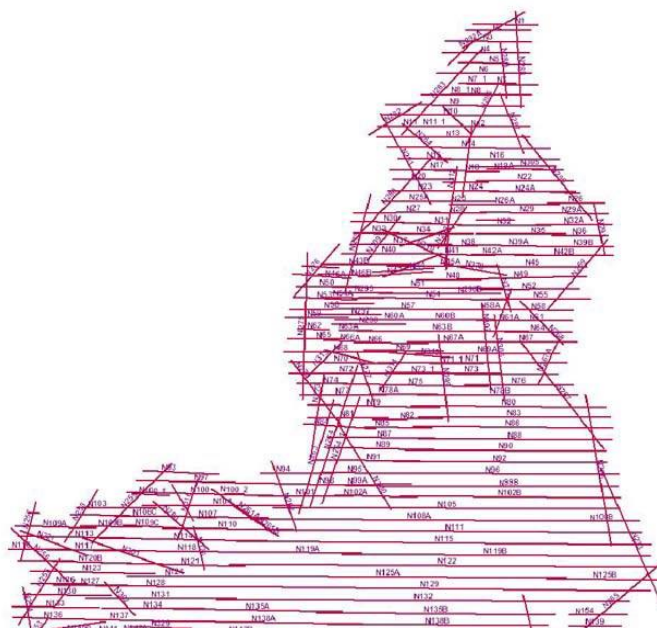
**CLASSE: Asse di volo** (A\_VOLO – 000301) – file linee PPPPPP\_A\_VOLO\_PV.SHP (nel caso di Piano di Volo) e PPPPPP\_A\_VOLO.SHP (nel caso di consegna prodotti)

#### Definizione

Asse della ripresa aerea

#### Figura

Gli assi di una ripresa aerea



| NC       | Nome campo SHP | Descrizione                  | Formato     | Note   |
|----------|----------------|------------------------------|-------------|--|
| 00030101 | A_VOL_ENTE     | ente realizzatore            | String(100) | Ente che ha curato la realizzazione del rilievo  |
| 00030102 | A_VOL_DT       | ditta esecutrice             | String(100) | Ditta esecutrice o ATI   |
| 00030103 | A_VOL_RID      | identificatore ripresa aerea | String(50)  | PPPPPP = Codice di identificazione della ripresa aerea; assicura il collegamento tra le Classi "Assi di volo", "Centri di presa", "Abbracciamento al suolo del fotogramma" |
| 00030104 | A_VOL_CS       | codice strisciata            | String(50)  | SSSS = Codice della strisciata (nel caso di Piano di Volo codice proposto)   |
| 00030105 | A_VOL_DR       | data ripresa                 | String(8)   | Data della ripresa aerea (es.: 20120527) lasciare vuoto nel caso di Piano di Volo  |

|           |                   |  |                                   |  |
|-----------|-------------------|--|-----------------------------------|--|
|           | <b>A_VOL_QT</b>   | quota volo                                   | Real                              | Quota ellissoidica assoluta di volo (stimata nel caso del Piano di Volo, quota media della strisciata registrata dalla strumentazione di bordo nel caso della consegna prodotti)   |
|           | <b>A_VOL_CCMR</b> | marca e denominazione camera fotogrammetrica | String(50)                        | Marca e denominazione camera fotogrammetrica (es.: Vexcel UltraCam-Xp)   |
| 00030107  | <b>A_VOL_CCOD</b> | codice camera fotogrammetrica                | String(50)                        | Numero di codice (S/N) della camera fotogrammetrica (come riportato anche nel certificato di calibrazione fornito)   |
| 00030108  | <b>A_VOL_DSTP</b> | distanza principale                          | Real                              | Distanza principale (o distanza focale) della camera fotogrammetrica   |
| 00030109  | <b>A_VOL_NFI</b>  | numero fotogramma iniziale                   | Integer                           | FFFF = Numero del fotogramma con il quale inizia la strisciata (nel caso di Piano di Volo corrisponde al numero proposto)  |
| 00030110  | <b>A_VOL_NFF</b>  | numero fotogramma finale                     | Integer                           | FFFF = Numero del fotogramma con il quale termina la strisciata (nel caso di Piano di Volo corrisponde al numero proposto)   |
| 000301101 | <b>A_VOL_ASS</b>  | Asse   | GU_CPCurve3D - Composite Curve 3D | Segmento indicante l'inizio e la fine della strisciata (programmato, nel caso di Piano di Volo, ricavato dalla strumentazione di bordo nel caso della consegna prodotti; è costituito dalla spezzata i cui vertici coincidono con i centri di presa. L'informazione altimetrica corrisponde alla quota ellissoidica (programmata nel caso di Piano di Volo, registrata dalla strumentazione di bordo nel caso della consegna dei prodotti) |

**CLASSE:** Centro di presa (CPRESA - 000302) – file punti PPPPPP\_CPRESA\_PV.SHP (nel caso di Piano di Volo) e PPPPPP\_CPRESA.SHP (nel caso di consegna prodotti)

**Definizione:** Centri di presa dei singoli fotogrammi

| NC        | Nome campo SHP                        | Descrizione                        | Formato                  | Note  |
|-----------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|---|
| 00030201  | <b>CPRESA_ID</b>                      | identificatore ripresa aerea       | String(50)               | PPPPPP = Codice di identificazione della ripresa aerea; assicura il collegamento tra le Classi "Assi di volo", "Centri di presa", "Abbracciamento al suolo del fotogramma"  |
| 00030202  | <b>CPRESA_CS</b>                      | codice strisciata                  | String(50)               | SSSS = Codice della strisciata (nel caso di Piano di Volo codice proposto)  |
| 00030203  | <b>CPRESA_NF</b>                      | numero fotogramma                  | Integer                  | FFFF = Numero del fotogramma nell'ambito della strisciata (nel caso di Piano di Volo corrisponde al numero proposto)  |
| 00030206  | <b>CPRESA_QTO</b>                     | quota ortometrica                  | Real                     | Quota assoluta di volo ortometrica  |
| 00030208  | <b>CPRESA_O</b>                       | omega                              | Real                     | Componente di orientamento Omega espressa in gradi sessadecimali o deg  |
| 00030209  | <b>CPRESA_P</b>                       | phi                                | Real                     | Componente di orientamento Phi espressa in gradi sessadecimali o deg  |
| 00030210  | <b>CPRESA_K</b>                       | kappa                              | Real                     | Componente di orientamento Kappa espressa in gradi sessadecimali o deg  |
| 00030207  | <b>CPRESA_QTE</b><br><b>CPRESA_DR</b> | quota ellissoidica<br>data ripresa | Real<br>String(8)        | Quota assoluta di volo ellissoidica<br>Data della ripresa aerea (es.: 20120527) lasciare vuoto nel caso di Piano di Volo  |
|           | <b>CPRESA_OR</b>                      | ora ripresa                        | String(6)                | Ora della ripresa aerea (es.: 130942) lasciare vuoto nel caso di Piano di Volo  |
| 000302101 | <b>CPRESA_POS</b>                     | Localizzazione                     | GU_Point3D<br>- Point 3D | Geometria puntuale dei centri di presa. L'informazione altimetrica corrisponde alla quota ellissoidica (programmata nel caso di Piano di Volo, registrata dalla strumentazione di bordo nel caso della consegna dei prodotti) – vedi specifiche file PPPPPP.TXT |

I centri di presa saranno altresì forniti sotto forma di file di testo (campi separati da tabulazione e con riga di intestazione con i nomi dei campi) di nome **PPPPPP.TXT** con la seguente struttura:

| photo ID  | px  | py  | pz  | omega   | phi   | kappa   | data   | ora   |
|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
| SSSS_FFFF<br>(composizione degli identificativi di strisciata e fotogramma) | Coordinata X del Centro di Presa (UTM-ETRF2000 (European Terrestrial Reference Frame 2000 all'epoca 2008.0) fuso 32 | Coordinata Y del Centro di Presa (UTM-ETRF2000 (European Terrestrial Reference Frame 2000 all'epoca 2008.0) fuso 32 | Coordinata ellissoidica Z del Centro di Presa (stima nel Piano di Volo, ricavata da strumentazione di bordo per la fornitura dei rilievi) | Componente di orientamento Omega (0 nel caso del Piano di Volo) espressa in gradi sessadecimali o deg | Componente di orientamento Phi (0 nel caso del Piano di Volo) espressa in gradi sessadecimali o deg | Componente di orientamento Kappa (0 nel caso del Piano di Volo) espressa in gradi sessadecimali o deg | Data del rilievo (AAAAMMGG) (blank nel caso del Piano di Volo) | Ora del rilievo (HHMMSS) (blank nel caso del Piano di Volo) |
| 10_0419   | 602765.882  | 4865690.050   | 2481.712  | 0.12832   | 0.14614   | 0.14303   | 20120527   | 130942  |

**CLASSE:** Abbracciamento al suolo del fotogramma (**Z\_FOTO - 000303**)

|                                 |            |            |
|---------------------------------|------------|------------|
|                                 | <b>NC1</b> | <b>NC5</b> |
| <i>Popolamento della classe</i> |            |            |

**Definizione**

Proiezione al suolo del singolo fotogramma, derivato dal cosiddetto 'fotoindice' che accompagna generalmente le riprese. Prodotto usualmente a fotogrammi alterni.

Vedi: Fotoindice di una ripresa aerea

**Figure**

- Fotoindice di una ripresa aerea



| <i>Attributi</i>  |                   |                                     |  | <b>NC1</b> | <b>NC5</b> |
|---|-------------------|-------------------------------------|--|------------|------------|
| <i>Attributi della classe</i>   |                   |                                     |  |            |            |
| 00030301  | <b>Z_FOTO_ID</b>  | <b>identificatore ripresa aerea</b> | <b>String(50)</b>                            |            |            |
| Codice di identificazione della ripresa aerea; assicura il collegamento tra le Classi "Assi di volo", "Centri di presa", "Abbracciamento al suolo del fotogramma" e "Porzione di territorio restituito" |                   |                                     |  |            |            |
| 00030302  | <b>Z_FOTO_CS</b>  | <b>codice strisciata</b>            | <b>String(50)</b>                            |            |            |
| Codice della strisciata   |                   |                                     |  |            |            |
| 00030303  | <b>Z_FOTO_NF</b>  | <b>numero fotogramma</b>            | <b>Integer</b>                               |            |            |
| Numero del fotogramma   |                   |                                     |  |            |            |
| <i>Componenti spaziali della classe</i>   |                   |                                     |  | <b>NC1</b> | <b>NC5</b> |
| 000303102   | <b>Z_FOTO_SUP</b> | <b>Estensione</b>                   | <b>GU_CPSurface2D - Composite Surface 2D</b> |            |            |