



# Comune di Genova

## Direzione Sistemi Informativi

**Programma Operativo Nazionale per le Città Metropolitane  
2014-2020**  
**Progetto GE 1.1.1-B - Aggiornamento e interoperabilità Data Base  
Topografico**

**Procedura di gara per l'affidamento del servizio di:**

**"Aggiornamento dei contenuti del Data Base Topografico del Comune  
di Genova in scala 1:1000 e 1:2000"**

### **ALLEGATO 11**

### **CAPITOLATO TECNICO**

**CUP B31H16000310007**  
**CIG 7452970169**



**UNIONE EUROPEA**  
Fondi Strutturali e di Investimento Europei



**UNIONE EUROPEA**  
Fondi Strutturali e di Investimento Europei



Indice

## Sommario

1. ASPETTI GENERALI .....	4
1.1. Oggetto del lavoro .....	4
1.2. Importo e quantificazione dei servizi .....	5
1.3. Sistema di riferimento .....	5
1.4. Definizione geometrica e contenuti .....	5
1.5. Modalità tecniche d’esecuzione.....	5
1.6. Tempi per l’effettuazione dei servizi – cronoprogramma.....	6
1.7. Tolleranze planimetriche ed altimetriche .....	6
1.8. Tolleranze di posizione di un punto .....	6
1.9. Tolleranze delle curve di livello .....	7
1.10. Limite di acquisizione .....	7
1.11. Tolleranze per i modelli digitali delle altezze .....	7
1.12. Tolleranze e risoluzioni previste per le ortoimmagini .....	8
2. RIPRESA FOTOGRAMMETRICA E LiDAR .....	8
2.1. Caratteristiche del velivolo e del sistema di acquisizione .....	9
2.2. Caratteristiche della ripresa e del materiale fotogrammetrico .....	9
2.3. Caratteristiche della ripresa LiDAR.....	10
2.4. Epoca del volo.....	10
2.5. Piano di volo .....	11
2.6. Materiale da consegnare al termine delle riprese fotogrammetriche e LiDAR .....	11
3. INQUADRAMENTO, APPOGGIO E TRIANGOLAZIONE AEREA AUTOMATICA.....	12
3.1. Generalità .....	12
3.2. Inquadramento planimetrico ed altimetrico.....	12
3.3. Punti d’appoggio (Control Points) e punti di controllo (Check Points) .....	12
3.4. Materiale da consegnare al termine delle operazioni di appoggio.....	13
3.5. Misura e calcolo della Triangolazione Aerea Automatica .....	13
3.6. Allineamento delle scansioni LiDAR .....	14
3.7. Filtraggio dei punti anomali, scelta e misura delle aree nelle zone di sovrapposizione .....	15
3.8. Materiale da consegnare al termine della Triangolazione Aerea e dell’allineamento delle scansioni LiDAR.....	15
4. RESTITUZIONE.....	16
4.1. Strumento restitutore .....	16
4.2. Caratteristica della restituzione .....	16
4.3. Sistema di restituzione .....	16
4.4. Operatore .....	17

4.5.	Elementi da restituire .....	17
4.6.	File di restituzione .....	17
4.7.	Materiale da consegnare al termine della restituzione .....	17
5.	RICOGNIZIONE .....	18
5.1.	Generalità .....	18
5.2.	Integrazione metrica .....	18
5.3.	Integrazione informativa .....	19
5.4.	Raccolta di Toponomastica e di altri elementi informativi .....	19
5.5.	Materiale da consegnare al termine della ricognizione .....	19
6.	OPERAZIONI DI EDITING E STRUTTURAZIONE DEL DB TOPOGRAFICO .....	19
6.1.	La fase di editing .....	19
6.2.	Stampe .....	20
6.3.	Materiale da consegnare al termine dell’editing e della strutturazione del DB topografico .....	21
7.	Produzione dei modelli digitali e dell’Ortoimmagine .....	21
7.1.	Definizioni .....	21
7.2.	Classificazione dei punti laser e delimitazione di aree da non inserire nel DTM .....	21
7.3.	Breaklines del terreno .....	22
7.4.	Superfici da modellare separatamente per la produzione di ortofoto geometricamente corrette	22
7.5.	Tipologie di DSM e DTM da consegnare .....	22
7.6.	Produzione delle ortofoto digitali .....	22
7.7.	Materiale da consegnare, tagli, supporti .....	22
8.	VERIFICA DELLA PRODUZIONE .....	23
8.1.	Attività di Verifica tecnica .....	23
8.2.	Esiti della Verifica e modalità di interazione tra DEC, Collaudatore e Aggiudicatario .....	25

## 1. ASPETTI GENERALI

---

### 1.1. Oggetto del lavoro

Le presenti Specifiche tecniche hanno lo scopo di normare la produzione del database topografico alle scale 1:1000 e 1:2000 per il territorio del Comune di Genova.

La produzione è intesa come aggiornamento a partire dalla Base dati disponibile, già parzialmente convertita secondo le specifiche condivise, e non prevede l'acquisizione di una serie di informazioni tipiche dei sistemi informativi quali i grafi viari, la numerazione civica e le reti dei sottoservizi, secondo le indicazioni che verranno meglio dettagliate nel seguito.

È inoltre prevista la produzione del DSM, del DTM e dell'ortoimmagine del territorio.

Il riferimento normativo è al DM 10.11.2011 "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici" (Gazzetta Ufficiale n. 48 del 27/02/2012 – Supplemento ordinario n. 37) e al documento "Catalogo dei dati territoriali - Specifiche di Contenuto per i DB Geotopografici" Versione 2.0 del 15 dicembre 2015 predisposto dal Gruppo di Lavoro 2 "DB Geotopografici" dell'Agenzia per l'Italia Digitale coordinato dal CISIS con il supporto della struttura tecnica del Comitato Permanente per i Sistemi Geografici, disponibile al link [http://geodati.gov.it/geoportale/images/Specifica\\_GdL2\\_09-05-2016.pdf](http://geodati.gov.it/geoportale/images/Specifica_GdL2_09-05-2016.pdf), secondo le indicazioni che saranno dettagliate al successivo art. 1.4.

Per quanto attiene alla produzione dei modelli digitali e delle ortoimmagini, il riferimento è al documento "Ortoimmagini e modelli altimetrici a grande scala – Linee guida", prodotto dal CISIS e compreso nella documentazione disponibile presso la stazione appaltante.

Nella produzione è previsto che le Ditte incaricate interagiscano con il Direttore dell'Esecuzione del Contratto (nel seguito DEC), il quale a sua volta si rappresenterà con il Collaudatore.

Le Specifiche tecniche contenute nel presente documento sono da intendersi come indicative delle prassi operative da seguire per le varie fasi nelle quali è articolata la prestazione.

Nel rispetto della normativa vigente e dello stato dell'arte, la prestazione è stata strutturata in modo da privilegiare innovative tecniche di acquisizione e di trattamento delle informazioni, in modo da sfruttare i vantaggi sia in termini di accuratezza che di economicità concessi dall'avanzamento tecnologico degli ultimi tempi.

È facoltà della Ditta esecutrice di utilizzare prassi operative differenti da quelle indicate, purché sufficientemente sperimentate e idonee a fornire soluzioni migliorative rispetto a quanto richiesto.

Le variazioni rispetto a quanto riportato dovranno essere precedentemente comunicate ed autorizzate dal DEC, sentito il Collaudatore.

L'indicazione delle superfici da cartografare è descritta nell'Allegato "DBTOPO\_ALL\_14-Aree da aggiornare.pdf".

Il Comune metterà a disposizione tutte le informazioni cartografiche in proprio possesso, come elencate nell'Allegato "DBTOPO\_ALL13\_Elenco\_materiale disponibile presso la stazione appaltante".

Le informazioni verranno rese disponibili prima dell'avvio della fase di selezione con le modalità descritte al punto 11.1 del disciplinare di gara.

Con la partecipazione alla gara, la Ditta dichiara di aver preso visione della base dati disponibile, e di averla utilizzata per la quantificazione delle attività da svolgere e degli oneri da sopportare, in base a calcoli di propria convenienza.

La modalità di generazione delle geometrie che devono supportare le altre informazioni è quella tipica della produzione cartografica, cioè la restituzione fotogrammetrica numerica diretta dei fotogrammi aerei, con

l'ausilio delle informazioni derivanti dalle riprese LiDAR.

Al fine di eseguire l'armonizzazione con i DB Topografici confinanti, attività non prevista dalla presente produzione, è richiesto che la restituzione sia estesa per un centimetro grafico circa all'esterno del perimetro del territorio da rilevare; tale estensione è stata definita in modo da evitare di interrompere in parti gli edifici, gli edifici minori, i manufatti e, in particolare, di evitare di suddividere longitudinalmente strade, ferrovie, fiumi e altri oggetti. Tale superficie non verrà computata ai fini della contabilità dei servizi prodotti.

Analoga attenzione va posta per le suddivisioni interne ai lotti di produzione del DB Topografico in parti a differente scala di rilievo: è vincolante l'armonizzazione fra le varie porzioni di territorio rilevate a differente scala per garantire la continuità geometrica e la consistenza topologica dei vari oggetti, senza soluzione di continuità tra le diverse scale di produzione sull'intero territorio rappresentato.

## 1.2. Importo e quantificazione dei servizi

L'importo a base d'asta e la quantificazione dei servizi sono descritti all'interno del Capitolato Speciale.

## 1.3. Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento geodetico da utilizzare è il sistema di riferimento ufficiale italiano, ossia la realizzazione ETRF2000 all'epoca 2008.0 del Sistema di riferimento geodetico europeo ETRS89.

La rappresentazione deve essere eseguita nel sistema cartografico UTM Fuso 32.

Il riferimento altimetrico è costituito dalla superficie dell'ellissoide WGS84 e dal riferimento altimetrico nazionale (mareografo di Genova): sino alla determinazione dei punti d'appoggio dovrà sempre essere determinata sia la quota ellissoidica sia la quota ortometrica sul livello medio del mare. Dal calcolo della triangolazione aerea in poi, in particolare nella fase di stereorestituzione, dovrà essere impiegata la sola quota ortometrica.

Per la stima dell'ondulazione geoidica deve essere utilizzato il software "Convergo" reso disponibile dal Centro Interregionale, con l'utilizzo dei grigliati IGM nella loro versione più recente; l'acquisizione dei grigliati è a carico della Ditta esecutrice.

## 1.4. Definizione geometrica e contenuti

Il contenuto del DB Topografico è costituito dagli elementi di territorio di origine naturale o artificiale esistenti alla data della ripresa aerea e descritti nel documento "DBTOPO\_ALL12\_SPECIFICHE\_DI\_CONTENUTO", che evidenzia quali Classi, all'interno degli elenchi previsti dal D.M. 10/11/2011, sono previste per la presente prestazione.

Gli oggetti esistenti saranno digitalizzati secondo strutture a punti, linee, poligoni e testi, e saranno geometricamente definiti da una terna di coordinate.

Tali coordinate devono ottenersi direttamente in forma numerica dal modello stereoscopico ricostruito mediante restitutore digitale, eventualmente da integrarsi successivamente in fase di editing, ma sempre direttamente in forma numerica, tramite idoneo rilievo in sito.

Le coordinate ottenute nelle varie fasi di lavoro non devono essere mai troncate sino alla creazione dei file di consegna finale.

La Città di Genova dispone, all'interno del proprio sistema informativo territoriale, del grafo viario e della numerazione civica, che utilizza nelle proprie attività istituzionali.

Ai fini della presente produzione, i dati verranno estratti al momento opportuno nella versione corrente e sarà unicamente cura della Ditta provvedere all'integrazione dei dati forniti, segnalando eventuali evidenti difformità agli uffici comunali che provvederanno all'integrazione, ove necessario, degli eventuali tratti di grafo mancanti.

## 1.5. Modalità tecniche d'esecuzione

Le modalità tecniche con le quali dovrà essere eseguito il database topografico sono quelle proprie dell'aerofotogrammetria secondo le seguenti fasi:

- ripresa fotogrammetrica integrata da acquisizione LiDAR;
- inquadramento planimetrico e altimetrico, appoggio e triangolazione aerea automatica, allineamento delle scansioni LiDAR;
- restituzione;
- ricognizione;
- editing grafico, strutturazione del database topografico e procedure di controllo
- predisposizione di DSM, DTM e ortoimmagine
- predisposizione degli elaborati finali.

## 1.6. Tempi per l'effettuazione dei servizi – cronoprogramma

I tempi per l'effettuazione dei servizi saranno quelli indicati dalla Ditta esecutrice nella propria offerta. L'aggiudicatario dovrà predisporre un "piano di lavoro" dettagliato, contenente la descrizione di tutte le fasi di lavoro assieme alla specificazione della collocazione temporale delle stesse in un "cronoprogramma delle attività".

## 1.7. Tolleranze planimetriche ed altimetriche

Si definisce come "scarto" la differenza tra la coordinata nel database topografico (DBT) di un punto e il valore di riferimento di tale coordinata. Il valore di riferimento deve essere acquisito con una modalità operativa tale da garantire un livello di precisione di un ordine di grandezza più elevato rispetto a quello che ha generato la coordinata nel DBT. La risultante delle differenze in Est e Nord dà luogo allo "scarto planimetrico" e la differenza in quota corrisponde allo "scarto altimetrico".

Di seguito sono definiti i  $\sigma$  di riferimento, cioè i valori quadratici medi, per ciascuna scala di cartografia.

La tolleranza per ciascuna scala di DBT è definita pari a  $2\sigma$ .

Si considera sempre la distribuzione degli scarti normale e quindi nella fase di verifica il 5% degli scarti in valore assoluto potranno essere superiori alle tolleranze.

Per avere ulteriore garanzia di qualità del dato, è prescritto che in nessun caso si possa superare il doppio di tale valore; lo scarto massimo accettabile, in valore assoluto, è quindi pari a  $4\sigma$ .

I livelli di accuratezza previsti per le reti d'inquadramento non dipendono dalla scala di produzione del database topografico, come specificato nell'apposito paragrafo. Di conseguenza, per tale fase di lavorazione non si fa riferimento ai successivi paragrafi del presente capitolo.

Per quanto riguarda il contenuto planimetrico del DBT, il valore quadratico medio di riferimento è il seguente:

- per la scala 1:1000  $\sigma = \pm 0.20$  m
- per la scala 1:2000  $\sigma = \pm 0.40$  m

Per quanto riguarda il contenuto altimetrico del DBT, il valore quadratico medio di riferimento è il seguente:

- per la scala 1:1000  $\sigma = \pm 0.20$  m
- per la scala 1:2000  $\sigma = \pm 0.30$  m

## 1.8. Tolleranze di posizione di un punto

Per ogni scala di restituzione sono di seguito definiti i valori limite per la risultante degli scarti pari a  $2\sigma$ , per il valore medio degli scarti pari a  $1/2\sigma$  e per la deviazione standard degli scarti pari a  $1\sigma$ .

Sulla base delle coordinate  $E'(p)$  e  $N'(p)$  di un punto P ricavate dai file e le coordinate  $E(p)$  e  $N(p)$  dello stesso punto P ricavate sul terreno con criteri operativi tali per cui gli errori siano di gran lunga minori di quelli propri della restituzione fotogrammetrica, per punti ben definiti sul terreno, si dovrà verificare che:

- per la scala 1:1.000
  - per il 95% dei punti la risultante delle differenze in Est e in Nord sia inferiore a 0.40 m;
  - il valore medio delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.10$  m;
  - la deviazione standard delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni

risultati inferiore a  $\pm 0.20$  m;

- per la scala 1:2.000
  - per il 95% dei punti la risultante delle differenze in Est e in Nord sia inferiore a 0.80 m;
  - il valore medio delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.20$  m;
  - la deviazione standard delle differenze sia in Est che in Nord fra le due determinazioni risultati inferiore a  $\pm 0.40$  m.

Seguendo lo stesso approccio per la dimensione altimetrica, sulla base della coordinata altimetrica  $Q'(p)$  di ogni vertice P costituente un oggetto del file di consegna (punto, linea o superficie) e della corrispondente coordinata  $Q(p)$  dello stesso vertice P ricavate sul terreno con criteri operativi di precisione sopraindicati, per punti ben definiti sul terreno, si dovrà verificare che:

- per la scala 1:1000
  - per il 95% dei punti il modulo della differenza in quota sia inferiore a 0.40 m;
  - il valore medio delle differenze in quota fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.10$  m;
  - la deviazione standard delle differenze in quota fra le due determinazioni risultati inferiore a  $\pm 0.20$  m;
- per la scala 1:2000
  - per il 95% dei punti il modulo della differenza in quota sia inferiore a 0.60 m;
  - il valore medio delle differenze in quota fra le due determinazioni sia compreso fra  $\pm 0.15$  m;
  - la deviazione standard delle differenze in quota fra le due determinazioni risultati inferiore a  $\pm 0.30$  m;

La statistica, sia altimetrica che planimetrica, dovrà essere effettuata su di un numero significativo di punti, come descritto nei paragrafi relativi alle fasi di verifica.

### 1.9. Tolleranze delle curve di livello

Le curve di livello ad ogni scala di carta dovranno sempre garantire la congruenza geometrica con tutte le informazioni altimetriche derivanti dalla geometria degli oggetti restituiti.

La rappresentazione dell'andamento altimetrico del terreno mediante curve di livello verrà verificata, in fase di collaudo, ripetendo a campione l'operazione di restituzione fotogrammetrica.

La ripetizione di una curva di livello non dovrà mai dar luogo ad una nuova curva di livello che si discosti, rispetto alla curva di restituzione, più della metà dell'intervallo planimetrico tra la curva in oggetto e quella adiacente; pertanto la tolleranza viene stabilita pari alla metà dell'equidistanza tra le curve stesse.

### 1.10. Limite di acquisizione

Il limite di acquisizione stabilisce se un particolare deve essere rilevato ad una determinata scala di rilievo.

Nella seguente tabella sono riassunti i valori soglia previsti:

	1:1000	1:2000
Punti	0.30 m	0.60 m
Linee	0.90 m	1.80 m
Larghezza area	0.60 m	1.20 m
Lunghezza area	0.60 m	1.20 m
Area	0.36 mq	1.44 mq

### 1.11. Tolleranze per i modelli digitali delle altezze

Ai sensi del citato documento CISIS, è prevista la produzione di modelli altimetrici digitali rispettivamente alle scale 1/1000 e 1/2000, per i quali, ai sensi della Tabella 14 del punto III.1.5.2, sono previste le seguenti

Precisioni e Tolleranze a seconda dei vari ambiti:

- la quota dei punti del modello altimetrico e delle linee caratteristiche (breakline, contorno di zone morte ecc.) in campo aperto: 0.15 mm alla scala della carta, a cui corrisponde una tolleranza definita  $T_{H(a)}$ ;
- la quota dei punti del modello altimetrico e delle linee caratteristiche (breakline, contorno di zone morte ecc.) in presenza di alberatura folta (copertura arborea > 70%): 0.30 mm alla scala della carta a cui corrisponde una tolleranza definita  $T_{H(b)}$ ;
- la quota dei punti del modello di descrizione degli edifici: 0.20 mm alla scala della carta a cui corrisponde una tolleranza definita  $T_{H(c)}$ ;

Scala nominale	Altimetria in campo aperto (a)			Altimetria per copertura arborea >70% (b)			Altimetria per edifici (c)		
	Precis. grafica [mm]	$P_{H(a)}$ ( $\sigma_H$ ) [m]	$T_{H(a)}$ ( $2\sigma_H$ ) [m]	Precis. grafica [mm]	$P_{H(b)}$ ( $\sigma_H$ ) [m]	$T_{H(b)}$ ( $2\sigma_H$ ) [m]	Precis. grafica [mm]	$P_{H(c)}$ ( $\sigma_H$ ) [m]	$T_{H(c)}$ ( $2\sigma_H$ ) [m]
1/2000	0.15	0.30	0.60	0.30	0.60	1.20	0.20	0.40	0.80
1/1000	0.15	0.15	0.30	0.30	0.30	0.60	0.20	0.20	0.40

Dal punto di vista planimetrico, sono invece previste le seguenti Precisioni e Tolleranze:

Scala nominale	Altimetria in campo aperto (a)		
	Precisione grafica [mm]	$P_{EN}$ ( $\sigma_{EN}$ ) [m]	$T_{EN}$ ( $1.7308\sigma_{EN}$ ) [m]
1/2000	0.20	0.40	0.69
1/1000	0.20	0.20	0.35

In sintesi e con riferimento al citato documento CISIS (Tabella 6), per le aree coperte alla scala 1:1000 sono previsti modelli digitali (DSM e DTM, come meglio specificato nel seguito) di livello 7 con passo di griglia 0.5 m, mentre per le scale 1:2000 sono previsti modelli digitali di livello 6 con passo di griglia 1 m.

### 1.12. Tolleranze e risoluzioni previste per le ortoimmagini

Ai sensi del citato documento CISIS, è prevista la produzione di ortoimmagini di precisione (A2) rispettivamente alle scale 1/1000 e 1/2000, per le quali, ai sensi della Tabella 1 del punto II.1.3 e alla Tabella 3 del punto II.1.4, sono previste le seguenti indicazioni:

Precisione grafica	1/2000			1/1000		
	$\sigma_{EN}$ [m]	$T_{EN}$ (CE95%) [m]	Risoluzione	$\sigma_{EN}$ [m]	$T_{EN}$ (CE95%) [m]	Risoluzione
0.2 mm	0.40	0.70	0.10	0.20	0.35	0.05

## 2. RIPRESA FOTOGRAMMETRICA E LiDAR

Le riprese aerofotogrammetriche dovranno essere eseguite a colori in formato digitale; sono ammesse esclusivamente camere fotogrammetriche digitali a sensori lineari multipli, a frame a ottiche multiple ovvero a frame con ottiche singole ma con una risoluzione di almeno 80Mpix.

Il sensore deve essere dotato di pixel con dimensioni non superiori ai 10 micron.

Le camere digitali dovranno essere integrate con sistemi DGPS/INS e accompagnate dal relativo certificato di calibrazione.



Il sensore laser scanner aviotrasportato (LiDAR) dovrà essere in grado di determinare almeno quattro distanze per ogni impulso e di acquisire con le densità che sono specificate nel seguito.

Le caratteristiche, le dotazioni e le certificazioni delle camere fotogrammetriche digitali e dei sensori dovranno essere contenute in una relazione che dovrà essere sottoposta all'approvazione della DEC; in particolare il certificato di calibrazione dovrà essere più recente di 2 anni rispetto alla data di effettuazione delle riprese.

## 2.1. Caratteristiche del velivolo e del sistema di acquisizione

Le riprese aeree fotogrammetriche oggetto dei lavori dovranno essere realizzate con velivolo adatto allo scopo.

Le riprese aerofotogrammetriche e i rilievi LiDAR dovranno preferibilmente essere contemporanei.

Nella realizzazione del volo è fatto obbligo:

- del sistema di navigazione GPS per poter eseguire correttamente il piano di volo progettato;
- dell'impiego del dispositivo inerziale per l'acquisizione delle componenti angolari di presa;
- dell'impiego di GPS cinemático collegato in modo opportuno con la strumentazione di presa al fine di determinare le informazioni relative ai centri di presa.

Il sistema GPS/IMU deve essere dotato di input fotogrammetrico capace di memorizzare, tramite opportuna interfaccia, un impulso emesso dalla camera all'istante dello scatto; quest'ultimo va determinato con incertezza non superiore a 0.001 sec.

L'acquisizione dei dati GPS deve essere eseguita con una frequenza di misura superiore o uguale a 1 Hertz, con ricezione continua di almeno 5 satelliti e GDOP non superiore a 5.

Il sistema inerziale per la determinazione dei parametri angolari di orientamento esterno di ciascun fotogramma deve essere caratterizzato da e.q.m. non superiore a:

- 0.005° per  $\phi$  e  $\omega$
- 0.008° per  $\kappa$

La determinazione dei centri di presa deve essere eseguita con l'ausilio a terra di almeno due ricevitori con le medesime caratteristiche di quelli di bordo o di due stazioni permanenti della RDN o della rete GPS regionale con intervallo di campionamento a 1 sec.

Prima dell'effettuazione delle riprese, dovranno essere consegnati i seguenti documenti, che dovranno essere approvati dal DEC, sentito il Collaudatore:

- Certificato di Operatore di Lavoro Aereo (COLA);
- estremi di immatricolazione del velivolo, potenza, quota massima e minima operative;
- velocità di crociera operativa.

La Ditta aggiudicataria è tenuta ad adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da chiedersi alle Autorità civili e militari.

Tutta la documentazione sui rapporti intercorsi tra la Ditta aggiudicataria e le Autorità dovrà essere trasmessa per conoscenza alla DEC.

## 2.2. Caratteristiche della ripresa e del materiale fotogrammetrico

Le dimensioni del pixel al suolo (GSD) devono essere non superiori a:

- 6 cm per la scala 1:1000
- 12 cm per la scala 1:2000

In ogni caso:

- le variazioni degli elementi angolari di orientamento dei fotogrammi ( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ ), non dovranno mai superare i 5 gradi centesimali;
- il ricoprimento longitudinale fra fotogrammi di una stessa strisciata dovrà essere compreso fra il 65% e l'80%;
- il ricoprimento trasversale fra fotogrammi consecutivi della stessa strisciata non dovrà essere inferiore al 90%;
- il ricoprimento tra strisciate adiacenti dovrà essere superiore al 30%;

- è facoltà della Ditta, tenuto conto della particolare conformazione e densità edilizia del Centro, realizzare una ripresa aerea incrociata, procedendo così ad una doppia copertura stereoscopica;
- in nessun punto dovranno comunque presentarsi soluzioni di continuità nella copertura stereoscopica delle zone assoggettate a ripresa.

Tali parametri valgono anche, per quanto significativo, per i sensori lineari.

Gli elevati ricoprimenti sono dovuti alla necessità della produzione delle ortoimmagini di precisione; al fine di incrementare la sensibilità stereoscopica, è fatto obbligo di eseguire la restituzione fotogrammetrica a fotogrammi alterni, in modo da verificare un rapporto *base di presa/altezza relativa di volo*  $>0.2$ .

Data la limitata estensione territoriale, è opportuno che la ripresa sia fatta all'interno di una sola giornata o comunque in condizioni di visibilità e illuminazione per quanto possibile analoghe.

Le strisciate devono essere realizzate con assi rettilinee e paralleli, le più lunghe possibili tenendo conto della morfologia del territorio e delle esigenze di scala.

In aggiunta alla copertura di base, devono essere realizzate strisciate aventi l'asse parallelo all'andamento medio della linea di costa; dette strisciate vanno eseguite in modo che, tendenzialmente, almeno l'80% di ciascun fotogramma abbracci la terraferma; analogamente, in funzione della morfologia del terreno e della scala media richiesta, occorre eseguire strisciate integrative in asse con l'impluvio principale in corrispondenza della vallate profonde.

E' richiesto siano eseguite due o più strisciate trasversali per irrigidire il blocco fotogrammetrico, oltre alle strisciate di bordo.

Il piano di volo dovrà essere corredato da una relazione, nella quale dovranno essere riportate le scelte operative effettuate, con particolare riferimento alla strumentazione ausiliaria di navigazione, alla sua calibrazione, posizionamento e assetto, all'interfacciamento con la camera da presa e con il sensore LiDAR, alla disposizione dei ricevitori GNSS a terra, alla procedura di trattamento dei dati ausiliari.

E' richiesto che il progetto di volo sia verificato dal Collaudatore preventivamente all'esecuzione della ripresa aerea.

La Ditta Appaltatrice dovrà ripetere le riprese aeree per tutte quelle zone nelle quali le riprese stesse non dovessero presentare i requisiti qualitativi e metrici richiesti.

Nell'esecuzione dei rifacimenti dovrà essere posta la massima cura nel riaggancio tra le strisciate preesistenti ed i nuovi fotogrammi, da realizzarsi a mezzo dei previsti dispositivi di navigazione.

### 2.3. Caratteristiche della ripresa LiDAR

Nel piano di volo delle riprese LiDAR dovranno essere progettati e realizzati, in funzione dell'andamento e dell'assetto plano-altimetrico della superficie da rilevare, gli opportuni "blocchi di rilievo" con una ricopertura sufficiente a garantire la continuità del rilievo e a permettere il controllo della corretta georeferenziazione dei dati acquisiti.

Per "blocco di rilievo" si intende l'insieme di strisciate corrispondenti a un territorio omogeneo sotto il profilo altimetrico e ad altri eventuali criteri di suddivisione delle porzioni di territorio da rilevare per ciascun volo. Le strisciate appartenenti a un medesimo blocco dovranno avere, di massima, la medesima quota o distanza di presa e direzione di volo (salvo le strisciate trasversali al blocco), la medesima calibrazione sugli strumenti e il passaggio sulle medesime aree-test.

Sempre ai fini della corretta georeferenziazione e della eliminazione di eventuali errori sistematici tra le strisciate, ogni blocco dovrà essere dotato, in modo autonomo, di strisciate trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda.

E' richiesta una densità di acquisizione di almeno 50 p.ti/mq sulla porzione di territorio da rilevare alla scala 1/1000 e di 20 p.ti/mq sulla porzione di territorio da rilevare alla scala 1/2000.

### 2.4. Epoca del volo

I voli dovranno essere eseguiti nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare e comunque in presenza di raggi solari con altezza non inferiore a 35 gradi sessagesimali. Voli eseguiti in periodi con angolo di incidenza del sole inferiore a 30° gradi sono ammessi solo nel caso vi siano motivi particolari, dopo aver ricevuto la

preventiva approvazione del DEC.

I fotogrammi dovranno presentarsi nitidi e assolutamente privi di foschia, di nubi e di copertura nevosa. E' necessario porre particolare attenzione nella scelta del periodo di volo e dell'ora di volo, anche in funzione della tipologia di vegetazione prevalente. La Ditta Appaltatrice deve prevedere di poter eseguire una corretta e completa costruzione del DBT anche nelle zone con fitta vegetazione; la presenza della vegetazione non può essere utilizzata come motivo per diminuire il livello di qualità metrica e interpretativa del prodotto finale.

## 2.5. Piano di volo

Prima di procedere all'esecuzione delle riprese aeree fotogrammetriche e LiDAR la Ditta dovrà predisporre il piano di volo sul quale, per ogni strisciata, dovranno essere indicati:

- per la ripresa fotogrammetrica:
  - l'asse della strisciata;
  - la sua numerazione ipotizzata;
  - la quota assoluta di volo prevista;
  - la quota minima e la quota massima del terreno sorvolato;
  - la posizione dei centri di presa;
  - la focale utilizzata e le dimensioni del pixel del sensore della camera fotogrammetrica;
  - i valori di GSD minimo e massimo;
- per la ripresa LiDAR:
  - l'asse della strisciata;
  - la sua numerazione ipotizzata;
  - la quota assoluta di volo prevista;
  - la quota minima e la quota massima del terreno sorvolato;
  - la velocità, l'angolo e la frequenza di scansione, la frequenza degli impulsi laser, il numero di punti/mq attesi.

Per l'effettuazione di tali elaborazione, la Ditta potrà utilizzare il materiale cartografico esistente ovvero i modelli digitale messi a disposizione dalla Regione Liguria.

Il progetto deve essere consegnato in formato shape corredato da una relazione dettagliata nella quale vengono riportate le scelte operative effettuate.

## 2.6. Materiale da consegnare al termine delle riprese fotogrammetriche e LiDAR

La Ditta dovrà presentare a verifica tutta la documentazione relativa alle riprese eseguite, ed in particolare:

- per la ripresa aerofotogrammetrica:
  - dichiarazione della data (o delle date) di effettuazione del volo;
  - certificati di taratura delle camere da presa;
  - indicazione per ogni fotogramma delle coordinate dei centri di presa e dei parametri angolari di orientamento;
  - quadro d'unione in formato SHP dell'abbracciamento al suolo e dei punti di presa di ciascun fotogramma, con l'indicazione del limite dell'area da cartografare;
  - file immagine in formato compresso concordato con il DEC per la verifica della corretta copertura aerea e della qualità delle immagini;
  - fotogrammi in formato non compresso;
  - relazione delle attività svolte, indicando il programma per il trattamento dei dati GNSS, il grafico delle coperture satellitari di riferimento a terra e sull'aeromobile;
  - descrizione dei supporti informatici usati per la consegna del materiale (contenuto di ciascun supporto e struttura delle cartelle per la memorizzazione dei file);
- per la ripresa LiDAR:
  - dichiarazione della data (o delle date) di effettuazione del volo;
  - certificati di taratura dei sensori LiDAR;
  - dati grezzi ricavati dall'acquisizione, strutturati sotto forma di coordinate per ogni singola

- strisciata, precedentemente alle operazioni di filtraggio;
- relazione delle attività svolte, indicando il programma per il trattamento dei dati GNSS, il grafico delle coperture satellitari di riferimento a terra e sull'aeromobile;
- descrizione dei supporti informatici usati per la consegna del materiale (contenuto di ciascun supporto e struttura delle cartelle per la memorizzazione dei file).

### 3. INQUADRAMENTO, APPOGGIO E TRIANGOLAZIONE AEREA AUTOMATICA

---

#### 3.1. Generalità

Scopo della presente fase è la determinazione dei parametri di presa (posizione e orientamento) di tutti i fotogrammi costituenti la copertura fotogrammetrica.

E' in ogni caso necessario eseguire la Triangolazione Aerea Automatica (TAA) prima di passare alla fase di restituzione; non è ammesso l'utilizzo in restituzione dei parametri di posizione e assetto ricavati in fase di ripresa aerea. Non è egualmente ammesso utilizzare programmi di Triangolazione Aerea che non eseguano automaticamente le misure dei punti di legame; sarà ovviamente possibile eseguire collimazioni manuali ad integrazione di quelle eseguite in modo automatico, lasciando traccia di ciò nei report di elaborazione.

#### 3.2. Inquadramento planimetrico ed altimetrico

L'inquadramento planimetrico e altimetrico è costituito da:

- i vertici della rete IGM95;
- i capisaldi di livellazione dell'I.G.M.;
- i vertici di raffittimento della rete IGM95 eseguiti da Regione Liguria;
- il servizio di stazioni permanenti;
- l'insieme dei punti messo a disposizione dalla Città di Genova.

Data la grande abbondanza di punti disponibili appartenenti alle precedenti produzioni, si ritiene che la disponibilità di punti di appoggio sia sufficiente a garantire un corretto appoggio delle riprese.

Nel caso in cui si rendesse necessario determinare ulteriori vertici di raffittimento, l'operazione di materializzazione, misura e calcolo deve seguire le regole espresse nel documento "Specifiche tecniche per il raffittimento della rete IGM95" compreso nel materiale messo a disposizione dalla stazione appaltante.

È inoltre possibile utilizzare il servizio di posizionamento della Regione Liguria, con l'impiego di ricevitori a doppia frequenza.

La Ditta appaltatrice deve recuperare le monografie di tutti i punti di inquadramento e di raffittimento coinvolti nel lavoro, presso la Regione o presso l'IGM.

I punti di appoggio e di controllo debbono essere determinati con sqm planimetrici e altimetrici inferiori a  $\pm 3$  cm per tutte le scale di restituzione.

#### 3.3. Punti d'appoggio (*Control Points*) e punti di controllo (*Check Points*)

I punti d'appoggio e di controllo dovranno essere in numero e posizione adeguati alla soluzione della Triangolazione Aerea Automatica, con l'accuratezza richiesta. A tale scopo è richiesto un progetto di determinazione dei punti d'appoggio e di controllo da fare approvare alla DEC, sentito il parere del Collaudatore.

I punti di appoggio sono da utilizzare per vincolare a terra le osservazioni della triangolazione aerea; i punti di controllo sono invece da utilizzare per verificare se gli orientamenti dei fotogrammi così ottenuti sono congruenti anche per punti noti a terra che non sono stati utilizzati nel calcolo della Triangolazione Aerea.

I punti di controllo devono essere almeno il 40% dei punti d'appoggio; essi non sono da inserire come elementi noti nella fase di calcolo della TAA, ma hanno lo scopo di permettere la verifica del corretto risultato della stessa.

E' richiesto siano posizionati almeno due punti d'appoggio in ciascuna delle zone di intersezione tra le

strisciate perimetrali e quelle trasversali. E' inoltre indicativamente da determinare un punto d'appoggio ogni 3 modelli, a strisciate alterne.

Possono essere utilizzati punti d'appoggio esistenti nell'area in oggetto, punti geodetici di inquadramento e raffittimento aventi le caratteristiche di collimabilità planimetrica e/o altimetrica, purché soddisfino le caratteristiche richieste di precisione e di consistenza.

Le specificazioni relative ai punti di appoggio e di controllo devono essere documentati assieme alle altre indicazioni in una apposita relazione da consegnare alla DEC assieme al calcolo della TAA, da cui emerga:

- il ricoprimento a terra dei fotogrammi;
- il numero identificativo di ogni fotogramma;
- la posizione dei vertici di inquadramento utilizzati;
- la posizione dei punti di appoggio e controllo utilizzati nella TAA;
- la monografia di tali punti di appoggio e controllo;
- la collimabilità di tali punti sui fotogrammi in cui sono visibili;
- la documentazione che attesti il livello di accuratezza con cui sono determinate le coordinate di tali punti, nel rispetto dei limiti di precisione prima indicati.

### 3.4. Materiale da consegnare al termine delle operazioni di appoggio

Per tutti i punti d'appoggio dovrà essere redatta una monografia informatizzata, in formato da concordare preventivamente con la DEC, con i seguenti elementi:

- codice univoco del punto;
- coordinate E, N e coordinate  $\phi$ ,  $\lambda$ ;
- quota ortometrica e quota ellissoidica;
- estratto di cartografia con la localizzazione del punto;
- uno schizzo od una immagine per il riconoscimento del particolare;
- fotografia del punto con in evidenza il ricevitore GPS durante le operazioni di misura;
- data di redazione della monografia e nome della Ditta esecutrice;
- descrizione del punto e del suo immediato circondario.

La Ditta dovrà presentare a verifica tutta la documentazione relativa allo schema della rete d'appoggio eventualmente eseguita, ed in particolare:

- le monografie, in formato cartaceo e digitale, di tutti i vertici e i capisaldi coinvolti nella fase di inquadramento;
- file in formato SHP con le informazioni relative alla disposizione dei punti d'appoggio, ai vertici di inquadramento altimetrico e planimetrico coinvolti, alle baseline misurate;
- tutti i file di elaborazione delle baseline misurate, con i parametri significativi che permettano di individuare l'ora di inizio e di fine della sessione di misura, i satelliti collegati, i parametri di bontà delle misure (PDOP, ecc..), i risultati della elaborazione con sqm e matrice di varianza/covarianza;
- tutti i file di calcolo relativi alle varie elaborazioni richieste, completi degli elementi necessari a valutare l'imposizione del vincolo, la precisione ottenuta e gli scarti residui su tutte le baseline;
- i file che evidenzino le trasformazioni nei differenti sistemi di riferimento.

Il materiale dovrà essere corredato da una breve relazione illustrativa sulle operazioni eseguite e sui risultati ottenuti.

Eventualmente, su richiesta del DEC, sentito il Collaudatore, la Ditta dovrà mettere a disposizione, per l'esecuzione di elaborazioni di controllo, il software utilizzato e tutti i dati originali acquisiti in campagna.

Sarà cura esclusiva della Ditta verificare e certificare al termine delle operazioni che tutti i dati siano stati prodotti nel rispetto delle specifiche indicazioni prescritte dalle case costruttrici per l'utilizzazione delle strumentazioni impiegate.

Il risultato dovrà garantire le precisioni previste dal capitolato per quanto riguarda gli sqm dei punti determinati.

### 3.5. Misura e calcolo della Triangolazione Aerea Automatica

Le misure per la TAA dovranno essere eseguite con adeguata strumentazione digitale.

Le misure dovranno essere eseguite in modo automatico, tranne quelle dedicate ai punti di appoggio e controllo e a eventuali collimazioni integrative di punti di legame per irrigidire lo schema di collegamento.

Nella TAA la scelta e la misura dei punti di legame è eseguita in automatico dal programma; è comunque necessario che esistano almeno 15 punti di legame, ben distribuiti, per ciascun fotogramma. Nel caso non sia raggiunto in modo automatico tale numero, si deve integrare la TAA con osservazioni manuali.

Le coordinate dei centri di presa e l'assetto della camera determinati in fase di presa fotogrammetrica sono da utilizzare come dati di input nel calcolo della TAA.

Il calcolo della TAA deve essere eseguito con programma rigoroso ai minimi quadrati per stelle proiettive.

Non sono accettati programmi di calcolo che risolvano la Triangolazione Aerea con una compensazione empirica.

Dai report di elaborazione dovranno risultare evidenti:

- le coordinate di ingresso e di uscita del calcolo di compensazione;
- gli scarti sulle coordinate dei punti di appoggio e dei punti di controllo, dopo la compensazione;
- il valore di sigma zero in planimetria e altimetria a posteriori;
- il sigma zero finale del sistema risolvante;
- i parametri di orientamento esterno dei fotogrammi;
- il numero di punti di legame per ciascun fotogramma;
- il numero di collimazioni e i relativi fotogrammi per ciascun punto di legame;
- le coordinate compensate dei punti di legame e i relativi sqm;
- i punti di appoggio eventualmente scartati in fase di elaborazione e la loro posizione all'interno del blocco.

Il risultato della TA sarà considerato positivo se:

- tutti gli scarti residui sui punti d'appoggio saranno inferiori, in modulo, a:
  - 10 cm in planimetria e a 10 cm in quota per la scala 1/1000;
  - 20 cm in planimetria e a 15 cm in quota per la scala 1/2000;
- gli scarti sui punti di controllo non devono risultare superiori al doppio del valore dello scarto ammissibile sui punti di appoggio;
- gli sqm dei punti di legame nelle tre componenti, in modulo, risulteranno inferiori a 10 cm;
- l'errore standard risultante dalla compensazione non deve superare  $\pm 7 \mu\text{m}$  (errore quadratico medio delle coordinate immagine).

Il calcolo della Triangolazione Aerea deve essere eseguito in coordinate UTM; la quota da impiegare è la quota ortometrica.

La verifica delle sopra citate tolleranze deve tener conto delle geometrie di determinazione dei punti di legame soprattutto quando essi derivano da strisciate a quote di volo differenti e con centri di presa pressoché sovrapposti.

### 3.6. Allineamento delle scansioni LiDAR

Al fine del corretto allineamento delle scansioni LiDAR, dovranno essere previste apposite aree test, con andamento pianeggiante, sulla base delle quali eseguire il corretto allineamento con la determinazione di parametri di orientamento di ogni strisciata.

Per assicurare la migliore congruenza tra le strisciate LiDAR e le altre tipologie di informazione, occorre rimuovere gli errori sistematici eventualmente presenti, dovuti sia alle caratteristiche del laser sia a quelle del processamento dati GNSS/INS.

Assumendo che il laser scanner sia stato calibrato, l'effetto degli errori in ogni strisciata può essere descritto da traslazioni e rotazioni ed eventualmente da loro variazioni nel tempo (per tener conto di una deriva della soluzione GNSS). I modelli di compensazione adottati quindi sono analoghi ad una sorta di compensazione a modelli indipendenti, dove ogni strisciata viene trasformata, adattandola a quelle ad essa sovrapposte ed a "punti" di appoggio sul terreno.

La Ditta dovrà descrivere in una relazione, prima dell'inizio delle attività, come intende procedere, descrivendo in dettaglio:

- a) come verranno sfruttati i poligoni di appoggio e scelte le zone impiegate come punti di legame;



- b) il modello di compensazione adottato, che deve contemplare almeno la stima a minimi quadrati di tre parametri di offset tra strisciata e terreno per ciascuna strisciata effettuata, attraverso la misura di "zone" di legame e "zone" di appoggio sia planimetriche sia altimetriche, come illustrato in precedenza;
- c) la distribuzione e frequenza dei punti (di appoggio e/o di legame) che si intendono misurare in relazione al piano di volo predisposto;
- d) il software e i comandi o procedure che si intendono impiegare;
- e) i parametri di qualità sulla base dei quali si valuta il risultato.

Tale progetto deve essere approvato dalla DEC prima dell'inizio delle operazioni di elaborazione dati.

### 3.7. Filtraggio dei punti anomali, scelta e misura delle aree nelle zone di sovrapposizione

Punti "anomali" possono essere ottenuti dalla scansione laser sia "sotto" la superficie del DSM sia "sopra" di esso, a causa di echi dovuti a *multipath*, riflessioni su cavi aerei di linee elettriche, funivie, densi fumi, volatili, ecc..

Prima della scelta delle zone omologhe e della individuazione di quelle di appoggio, per ciascuna strisciata, si deve procedere all'eliminazione dei punti anomali dai dati, così che la loro presenza non infici le operazioni successive, nonché delle successive di classificazione dei dati.

Per la stima di una trasformazione che migliori la corrispondenza tra strisciate sovrapposte occorre selezionare aree adatte a stimare tutti o parte dei parametri del modello.

A tale scopo nei software di elaborazione dati laser sono disponibili sia strumenti automatizzati sia interattivi.

In generale i tetti degli edifici sono adatti a mettere in luce offset sia verticali sia orizzontali, se le falde sono orientate in almeno 2 direzioni tra loro perpendicolari. Zone piane e superfici lisce si prestano alla stima di offset altimetrici.

Occorre tenere presente che, per una stima affidabile, le superfici da impiegare devono essere sufficientemente estese e avere una densità di punti elevata.

In linea di principio i parametri che possono essere stimati sono anche rotazioni (*roll*, *pitch* e *heading*) e, per gli offset tanto quanto per le rotazioni, delle variazioni nel tempo di questi (*derive*).

La Ditta dovrà descrivere le operazioni che intende eseguire per la calibrazione del sistema di acquisizione, specificandone le modalità e illustrando le caratteristiche dei poligoni di prova da utilizzare.

Nel caso di dispositivi di scansione con parti rotanti od oscillanti, la calibrazione deve essere effettuata prima di ogni missione di volo, adottando la quota relativa prevista per il rilievo.

Per ogni sessione di calibrazione effettuata devono essere documentati i risultati dell'operazione, tenendo a disposizione del DEC i report, i dati laser del volo, la traiettoria GNSS del volo di calibrazione e documentazione sull'elaborazione dei dati INS/GPS da cui deve risultare che gli errori residui (cioè dopo l'applicazione dei parametri di calibrazione) sono non superiori ai valori indicati nei punti precedenti.

Nel caso ciò non si verifichi, la Ditta è tenuta a ripetere la missione.

### 3.8. Materiale da consegnare al termine della Triangolazione Aerea e dell'allineamento delle scansioni LiDAR

Al termine delle operazioni di Triangolazione Aerea dovranno essere consegnati a verifica i seguenti documenti:

- lo schema del blocco utilizzato (da produrre ad integrazione dell'equivalente schema previsto per la fase di appoggio, precedentemente descritto) con l'indicazione dei punti di appoggio e dei punti di legame impiegati;
- file in formato SHP con indicazione delle posizioni dei punti di appoggio e legame con gli attributi relativi a scarti residui e/o sqm;
- il risultato della compensazione delle osservazioni di Triangolazione Aerea che metta in evidenza quanto richiesto;

- una relazione illustrativa che descriva il programma di calcolo e compensazione utilizzato con l'indicazione del significato delle varie tabelle, delle relative unità di misura, delle sigle e/o di eventuali particolari codifiche presenti nei tabulati prodotti e che illustri sinteticamente, possibilmente anche in modalità grafica, i risultati conseguiti nonché il numero e la posizione dei punti di appoggio e/o legame eliminati;
- una relazione che descriva le operazioni svolte per il corretto allineamento delle scansioni LiDAR.

E' richiesto che la Ditta metta a disposizione tutti gli elaborati di calcolo presso la propria sede, in modo da poter verificare, in modo interattivo con il sistema, la completezza e rigidità dei legami eseguiti in fase di misura ed il corrispondente risultato di calcolo.

## 4. RESTITUZIONE

---

### 4.1. Strumento restitutore

La restituzione dovrà essere eseguita esclusivamente mediante restitutore digitale.

E' richiesto si operi con la sovrapposizione della geometria restituita alla visione tridimensionale derivante dal volo fotogrammetrico. Le caratteristiche di hardware (compreso il video) e software devono essere adeguate alla gestione di immagini di grandi dimensioni. L'operatore deve essere abile all'utilizzo dei più aggiornati sistemi digitali di restituzione.

### 4.2. Caratteristica della restituzione

Per la restituzione devono essere utilizzati i parametri di orientamento calcolati nella TA.

I raccordi fra elementi corrispondenti nelle diverse scale devono essere risolti in un ambito territoriale di circa 1 cm alla scala nominale.

La strumentazione digitale deve permettere l'editing e le correzioni in linea, durante l'osservazione stereoscopica del modello fotogrammetrico.

In restituzione potranno essere utilizzati tutti gli ausili che lo sviluppo della tecnica mette a disposizione (nuvola di punti di derivazione fotogrammetrica, nuvola di punti LiDAR, insieme delle due, ...), al fine di migliorare le precisioni e ottimizzare i tempi.

La descrizione di tali procedure deve essere contenuta nella relazione da consegnare prima dell'avvio delle operazioni, e deve essere approvata dal DEC, sentito il Collaudatore.

### 4.3. Sistema di restituzione

La Ditta provvederà autonomamente alla predisposizione del proprio sistema di stereorestituzione numerica, e comunicherà alla DEC, prima dell'inizio delle operazioni di restituzione:

- le tabelle delle codifiche assegnate ai vari elementi da restituire; le codifiche e la struttura dati prescelte potranno anche non corrispondere a quelle richieste per i file finali di trasferimento, ma dovranno garantire almeno lo stesso contenuto informativo;
- le librerie dei simboli e delle linee usate per la rappresentazione grafica su video o plotter; fin da questa fase preliminare è raccomandato l'uso di simboli e graficismi conformi a quanto prescritto per gli elaborati finali;
- i criteri per l'acquisizione delle linee curve in automatico, ed i relativi parametri, per garantire il rispetto delle tolleranze richieste.

In fase di restituzione sono da utilizzare con estrema attenzione algoritmi di ortogonalizzazione o di parallelismo; gli automatismi impostati su tali algoritmi sono in generale sconsigliati e possono più opportunamente essere utilizzati, e con estrema cautela, nella fase di editing, in modo da poter eventualmente regolarizzare le geometrie dai file di restituzione.

Date le caratteristiche della ripresa, è auspicato l'utilizzo delle opzioni di restituzione semi-automatica, con l'ausilio dei modelli densi a supporto della restituzione stessa.



#### 4.4. Operatore

L'operatore allo strumento restitutore dovrà possedere esperienza ed abilità sufficienti per eseguire le operazioni di restituzione e di fotointerpretazione delle fotografie aeree.

La restituzione, ancorché eseguita da operatori diversi e su strumenti diversi, dovrà presentare un'assoluta omogeneità di contenuto e di geometria dei particolari restituiti.

E' nella facoltà della DEC, con l'ausilio del Collaudatore, controllare operativamente la qualità degli operatori, soprattutto per quanto riguarda la sensibilità di osservazione stereoscopica.

#### 4.5. Elementi da restituire

Circa la qualità e la quantità degli elementi naturali ed artificiali del territorio da restituire, ci si dovrà attenere a quanto dettagliatamente esposto nel documento "Database topografico: Specifiche di contenuto-Città di Genova", che identifica strati, temi, classi e attributi richiesti.

Tutte quelle linee di dubbia identificazione, la cui definizione è demandata alla successiva fase di ricognizione, dovranno essere memorizzate con codice particolare, tale da permetterne un'immediata identificazione nelle successive fasi di ricognizione e editing. Verranno evidenziate, con eventuali osservazioni del restituitista, le aree in cui è necessaria l'integrazione mediante ricognizione.

La quota dei vertici che costituiscono la spezzata che rappresenta cartograficamente ciascun oggetto dovrà essere riferita al suolo (ad esclusione delle coperture, delle falde, delle tettoie e di quanto non fisicamente appoggiato al terreno). Ciò significa che ai vertici della spezzata che descrivono l'andamento planimetrico di tali elementi, verrà attribuita la quota al piede della struttura, cioè quella che corrisponde all'intersezione della struttura con il piano calpestio ad essa adiacente. Qualora il piede della struttura non sia stereoscopicamente collimabile, la sua quota verrà determinata in sede di restituzione in funzione del più vicino punto al suolo stereoscopicamente collimabile.

La densità media per decimetro quadrato di rappresentazione cartografica dei punti quotati dovrà essere di almeno cinque punti nelle zone tradizionalmente descritte con le curve di livello (pendenza media del terreno superiore al 3%) e di almeno quindici nel restanti territori.

Le curve di livello saranno da restituire secondo i canoni cartografici con equidistanza pari a 1/1000 della scala di restituzione; data la particolare situazione orografica della Città di Genova, negli elaborati grafici verranno rappresentate solamente una ogni due.

#### 4.6. File di restituzione

I file di restituzione costituiscono il risultato numerico della fase di restituzione e sono strettamente connessi al particolare sistema utilizzato dalla Ditta; sono pertanto considerati file di lavoro della Ditta stessa.

Essi non vengono assoggettati a particolari restrizioni per il formato dei record.

I file di restituzione dovranno essere messi a disposizione del Collaudatore per le operazioni di controllo della restituzione e successivamente conservati fino alla conclusione del lavoro.

Questi file fanno parte del materiale di consegna della fase di restituzione; per essi il formato di trasferimento previsto è il formato DXF, con opportuna libreria dei codici associati, a meno di differenti accordi da verificare con la DEC.

Essi dovranno essere leggibili in chiaro e visualizzabili sia mediante il sistema di acquisizione che mediante quello di editing grafico presenti presso la Ditta, e consentire le specifiche operazioni di verifica prescritte.

#### 4.7. Materiale da consegnare al termine della restituzione

Al termine delle operazioni di restituzione dovranno essere consegnati alle verifiche di qualità, oltre ai file di restituzione, i seguenti documenti:

- un grafico a scala adeguata che riporti la copertura dei singoli modelli utilizzati in restituzione con la relativa numerazione;
- un file grafico con il contenuto dei file di restituzione che riporti le annotazioni apportate dal restituitista relativamente alle zone di incerta o difficoltosa restituzione e/o identificazione;

- i file di restituzione in formato DXF (o nel formato eventualmente convenuto con la DEC) secondo la strutturazione utilizzata dalla Ditta.

## 5. RICOGNIZIONE

---

### 5.1. Generalità

La ricognizione sul terreno comprenderà:

- l'integrazione metrica;
- la ricognizione informativa;
- la raccolta di quanto necessario alla costruzione del database topografico.

Non è richiesta l'integrazione relativa alle variazioni intervenute sul territorio dalla data del volo al momento della ricognizione stessa, a meno di casi eccezionali da concordare, anche amministrativamente, con la DEC. Come supporto per le note di ricognizione può essere impiegata una copia su carta del file di restituzione, sulla quale riportare le annotazioni rilevate attraverso le analisi sopraindicate, ovvero potranno essere più proficuamente utilizzati supporti informatici (tablet, terminali rugged,...) in modo da evitare il più possibile la riscrittura di informazioni rilevate in ricognizione ed editate nella successiva fase di organizzazione dei dati finali di consegna.

Altrettanto utili si sono dimostrate in recenti esperienze le video riprese eseguite da automezzo che si muove a bassa velocità (20 – 40 km/h) su tutte le strade.

L'operazione di ricognizione è da considerarsi essenziale al raggiungimento dei requisiti di qualità richiesti ad un DB topografico. E' quindi importante che sia eseguita in modo ordinato e metodico.

E' opportuno che alcune informazioni (quali ad esempio la destinazione d'uso di edifici, gli identificativi ufficiali del reticolo idrico, eccetera) siano recuperate dalla Ditta a partire da banche dati esistenti e certificate (DB tematici del Comune, Società di servizi, ufficio anagrafe, banche dati regionali, ecc..), in modo da evitare la generazione di dati incongruenti con archivi esistenti.

Non è vietato l'impiego di fonti informative già esistenti e fruibili (Street View e similari); si ricorda però che le informazioni da inserire nel DBT devono essere quelle esistenti sul terreno alla data del rilievo di ricognizione.

Potranno inoltre essere utilizzate le informazioni presenti nell'attuale base cartografica comunale.

### 5.2. Integrazione metrica

L'integrazione metrica deve essere eseguita per integrare le informazioni desumibili dall'esplorazione del modello stereoscopico con quelle in esso non riconoscibili (coperte da ombre, vegetazione o altro).

I punti rilevati dovranno possedere tutte le caratteristiche di precisione richieste per gli altri punti del database, comprese quelle di posizionamento assoluto.

L'integrazione metrica verrà realizzata mediante il rilevamento diretto sul terreno a mezzo di operazioni topografiche ordinarie, tali da garantire il rispetto delle tolleranze previste, per tutte quelle porzioni di territorio per le quali, in fase di restituzione, non sia stato possibile disporre di elementi sufficienti per una corretta rappresentazione, cioè:

- i particolari rimasti defilati nella ripresa;
- i particolari mascherati dalla vegetazione;
- i loggiati, i porticati e ogni passaggio o apertura in genere, a cielo coperto ed aperti al pubblico;
- altri particolari segnalati dal restituitista perché non sufficientemente chiari;
- le sgrondature.

Inoltre dovranno essere acquisiti gli elementi che consentano di effettuare il posizionamento delle dividenti perimetrali fra gli edifici, in particolare in relazione alle differenze di tipologia, epoca di costruzione e destinazione d'uso.

Nelle operazioni di rilievo topografico sul terreno devono essere registrati e conservati i valori numerici delle misure o meglio, se disponibili, quelli delle coordinate dei punti battuti, in modo che l'inserimento dei nuovi elementi nel file di restituzione avvenga in forma numerica, senza decadimento della precisione originale.

### 5.3. Integrazione informativa

Attraverso le modalità precedentemente indicate, dal punto di vista informativo la ricognizione dovrà, in funzione delle diverse scale:

- dirimere i dubbi interpretativi segnalati dal restituitista;
- correggere gli errori interpretativi commessi in fase di restituzione;
- integrare gli attributi previsti nelle Specifiche di contenuto;
- rilevare le destinazioni d'uso degli edifici di importanza essenziale per la comunità;
- definire l'andamento di elementi parzialmente sotterranei (canali, rogge, gallerie, corsi d'acqua naturali tombinati...);
- individuare le aree a pavimentazione omogenea per le aree di circolazione veicolare, pedonale, ciclabile.

### 5.4. Raccolta di Toponomastica e di altri elementi informativi

Non è richiesta la raccolta della Toponomastica e della numerazione civica.

Gli elementi della stessa verranno forniti prima dell'avvio della fase di ricognizione nella versione corrente e sarà cura della Ditta esclusivamente eseguire l'integrazione di quanto presente negli archivi comunali all'interno dei DB di consegna.

Verranno pertanto riportate nei DB finali le indicazioni toponomastiche (toponimi e località significative, scritte cartografiche) riguardanti l'orografia, l'idrografia, la viabilità, le località e le opere artificiali del territorio cartografato e tutti i toponimi relativi alla casistica prevista nel database topografico nella loro versione attualmente presente negli archivi comunali.

Dovranno solamente essere indicate alla DEC le incongruenze che verranno riscontrate durante la fase di ricognizione, in modo che sia possibile integrare le informazioni presenti.

Anche la numerazione civica verrà fornita su supporto digitale e i relativi oggetti dovranno unicamente essere editati in modo da collocarsi planimetricamente nelle posizioni previste dalle specifiche.

E' compito della Ditta rilevare i versi di scorrimento delle acque nelle rogge e nei canali (aperti o coperti) del territorio cartografato, al fine di permettere nella fase di editing di definire il livello di informazioni specifico per l'idrografia.

### 5.5. Materiale da consegnare al termine della ricognizione

Al termine della fase di ricognizione dovrà essere messo a disposizione del Collaudatore il seguente materiale:

- originale delle minute di ricognizione, ovvero copie delle informazioni digitali utilizzate sui terminali di campagna, con opportune note di interpretazione;
- i libretti di campagna delle misure topografiche resi eventualmente necessarie;
- il materiale relativo alle pre-verifiche topologiche e al confronto con le cartografie esistenti.

## 6. OPERAZIONI DI EDITING E STRUTTURAZIONE DEL DB TOPOGRAFICO

---

### 6.1. La fase di editing

L'editing grafico ed alfanumerico deve consentire all'operatore di eseguire, sul file di restituzione, tutti gli interventi di modifica, integrazione, cancellazione, controllo, ..., allo scopo di:

- tener conto di quelle indicazioni che il restituitista, mediante segni grafici o espliciti messaggi, ha apposto sulla minuta di restituzione;
- integrare la restituzione con le indicazioni provenienti dalla fase di ricognizione sul terreno o da altre fonti (fotointerpretazione e integrazioni metriche);
- introdurre la toponomastica e le altre informazioni richieste nel database topografico;
- ricostruire le congruenze prescritte, integrando le informazioni comunque acquisite in restituzione;
- effettuare la ricostruzione delle congruenze geometriche, l'organizzazione dei dati e la strutturazione dei file finali, come descritto nelle citate specifiche;

- eseguire l'armonizzazione geometrica fra oggetti di DB topografico rilevati a scale differenti. Nell'eseguire l'armonizzazione si devono tenere in considerazione le priorità definite dall'accuratezza legata alla scala di rilievo: è sempre la scala più piccola che deve essere armonizzata sulla più grande.

La Ditta dovrà comunicare al DEC, prima dell'inizio della fase di editing, mediante una relazione tecnica dettagliata:

- le caratteristiche della strumentazione sw;
- le caratteristiche dell'hardware.

Le procedure software da utilizzare sono quelle del GeoUML Validator, caricato delle Specifiche di contenuto del rilevamento.

Sono da implementare nel percorso produttivo tutte quelle verifiche topologiche ed informatiche che possono essere di aiuto in fase di creazione del DB topografico, per evitare di eseguire al termine della produzione elaborazioni che possono deteriorare l'accuratezza complessiva della produzione.

La sequenza di vertici che definiscono il contorno di due oggetti adiacenti deve essere condivisa in modo completo; in conseguenza di ciò è da organizzare la procedura di editing che va a trasformare le linee della cartografia numerica in oggetti del DB topografico.

E' importante mantenere l'identità delle geometrie condivise da due o più oggetti diversi (interclasse o intraclasse); è bene inoltre che non venga restituito due volte lo stesso elemento geometrico, ad esempio una linea, condivisa da due oggetti diversi.

E' opportuno eseguire in produzione il maggior numero possibile di controlli topologici in modo da generare un prodotto finale corretto.

Tutti i controlli topologici in produzione è bene che siano dichiarati ed organizzati in una procedura di qualità in modo da poter progressivamente migliorare la procedura stessa ed arrivare a file finali corretti.

E' opportuno che in fase di produzione siano eseguiti, sui file di consegna, i controlli topologici relativi a mutua esclusione e completa copertura del suolo che sono esplicitati nelle specifiche. Si ricorda in particolare che la completa copertura del suolo è una caratteristica fondamentale del prodotto.

Dal punto di vista del contenuto informativo, sono resi disponibili per la predisposizione degli archivi finali gli "shape file vuoti" che rispecchiano la struttura e i contenuti previsti; ad essi è necessario rifarsi per la loro produzione.

Tutti i campi previsti degli shape file di consegna devono essere compilati; non è accettata la mancanza di informazione (il campo vuoto) se non nelle modalità previste nelle specifiche.

Non sono ammessi errori sulla struttura dati e sulla compilazione dei valori.

Le istanze dei vari attributi devono rispettare le indicazioni delle Specifiche di contenuto

Il Committente renderà disponibile il software denominato "Validator", sviluppato dal CISIS, con cui la Ditta dovrà verificare autonomamente la correttezza dei propri file e consegnarne l'esito insieme ai prodotti della fase di editing.

Si ricorda che molte delle informazioni richieste sono da rilevare in fase di ricognizione.

Nel caso si rendesse necessario suddividere i file di consegna in parti, le modalità di suddivisione sono preventivamente da concordare con la DEC.

## 6.2. Stampe

E' prevista la consegna dei seguenti elaborati:

- files raster georiferiti in formato TIFF a 600 dpi;
- files in formato PDF con le indicazioni di bandella, secondo il modello che verrà fornito dalla stazione Appaltante.

Per la rappresentazione grafica verranno utilizzate le indicazioni prodotte dalla Regione Lombardia e allegate tra il materiale messo a disposizione da parte della stazione appaltante, uniformandole a quanto previsto dalla vestizione attuale dei livelli della Cartografia Tecnica Comunale del Comune di Genova, come da elaborati forniti. L'integrazione tra i due sistemi di vestizione grafica ed eventuali incongruenze saranno

definite puntualmente in accordo con la DEC.

### 6.3. Materiale da consegnare al termine dell'editing e della strutturazione del DB topografico

Al termine di tutte le operazioni di editing, la Ditta dovrà consegnare al DEC il seguente materiale, da sottoporre a verifica:

- tabella riassuntiva dei materiali consegnati con elenco dei singoli file;
- i file risultanti dopo l'operazione di editing, in formato finale;
- serie di plottati su carta destinati al collaudo, alle scale 1/1000 e 1/2000, delle cartografie allestite secondo lo schema di ritaglio e la bandella tipo che verranno messi a disposizione dalla Committenza in formato vettoriale;
- l'esito delle procedure di autocertificazione informatica dei dati;
- documenti controfirmati che certifichino la qualità dei dati inseriti nel DB topografico provenienti da fonti differenti rispetto al rilevamento aerofotogrammetrico.

Alla fine dei lavori dovrà essere consegnato al DEC il seguente materiale:

- tabella riassuntiva dei materiali consegnati con elenco dei singoli file;
- i file finali come previsto dalle specifiche;
- serie di file di stampa in formato PDF, alle scale 1/1000 e 1/2000, delle cartografie allestite secondo lo schema di ritaglio e la bandella tipo che verranno messi a disposizione dalla Committenza in formato vettoriale;
- serie di elaborati, secondo la medesima suddivisione, delle cartografie "vestite", in formato raster TIFF georiferito a 600 dpi;
- tutta la documentazione che testimoni le attività di verifica in corso d'opera e a fine produzione che sono state avviate per il controllo informatico del materiale prodotto.

## 7. Produzione dei modelli digitali e dell'Ortoimmagine

---

### 7.1. Definizioni

Si definisce Modello Digitale della Superficie (DSM, *Digital Surface Model*) l'involuppo del terreno aperto, della vegetazione, degli edifici o impianti e dei manufatti in genere.

Si definisce invece DTM (*Digital Terrain Model*) quanto relativo al solo terreno, avendo quindi sottratto quanto attiene alla vegetazione, all'edificato e a quanto insiste sul terreno.

### 7.2. Classificazione dei punti laser e delimitazione di aree da non inserire nel DTM

La classificazione dei punti laser deve suddividere i punti nelle seguenti categorie: terreno propriamente detto, vegetazione, fabbricati, manufatti di infrastrutture viarie fuori terra (cavalcavia, ponti, viadotti, ...), impianti industriali, corsi o specchi d'acqua, altro (ad esempio autoveicoli).

Il DTM che descrive l'andamento del terreno propriamente detto non deve essere prodotto in corrispondenza di edifici o fabbricati (civili o industriali), che devono essere contornati alla base da breaklines 3D; serbatoi di grandi dimensioni o altri impianti fissi rilevanti devono anche essi essere contornati alla base e non vengono inclusi nel DTM. Le restanti superfici degli impianti industriali all'aperto (occupate da tubazioni, nastri trasportatori, tralicci, ecc.) sono incluse nel DTM, eliminando cioè i punti sulle strutture.

Punti laser su rilevanti depositi di materiale (impianti per il confezionamento di calcestruzzi, cave per la produzione di inerti, ...) o di prodotti finiti o semilavorati nelle aree adiacenti edifici industriali devono essere eliminati; la superficie corrispondente viene tuttavia inclusa nel DTM (ovvero non genera una zona NODATA).

Nel caso in cui (ad esempio nelle cave) la zona coperta dai depositi di materiale sia molto estesa, essa verrà contornata con una polilinea 3D, da memorizzare in una categoria apposita per tener conto che la

qualità del DTM nell'area non è quella standard.

I corsi d'acqua sono delimitati da polilinee 3D alla quota del pelo libero presente al momento delle riprese. Eventuali zone affioranti interne al corso d'acqua sono rappresentate e delimitate da polilinee 3D.

Devono essere contornate da breaklines 3D, che entrano poi nel DBT, le tratte stradali "su trave", ovvero il manufatto fuori terra (ponte e viadotto) delle carreggiate di marcia.

### 7.3. Breaklines del terreno

La risoluzione elevata dei dati laser dovrebbero consentire la modellazione corretta della morfologia del terreno nella maggior parte delle situazioni; dove opportuno, dovranno comunque essere inserite breaklines 3D per migliorare la fedeltà della rappresentazione.

### 7.4. Superfici da modellare separatamente per la produzione di ortofoto geometricamente corrette

Nella zona da rilevare sono presenti importanti infrastrutture viarie sopraelevate dal terreno, quali svincoli, ponti, sovrappassi, viadotti, .... Le parti di tali opere che si possono ritenere poggianti direttamente sul terreno (es. le rampe in rilevato) devono essere incluse nel DTM vero e proprio; quelle "su trave" devono essere restituite come layer separato del DTM, da impiegarsi per la sola produzione delle ortofoto e la restituzione altimetrica degli elementi cartografici, ed essere delimitate da breaklines.

### 7.5. Tipologie di DSM e DTM da consegnare

Il DSM e il DTM, ottenuto quest'ultimo per filtraggio a partire dal precedente, devono essere prodotti in due versioni dall'analogo contenuto informativo:

1. come maglia di triangoli (TIN, *Triangulated Irregular Network*) opportunamente sfolta a partire dai dati LiDAR integrati dalle informazioni fotogrammetriche; il TIN include le breaklines e determina il layer dei punti quotati da rappresentare;
2. un grigliato regolare con le risoluzioni prescritte per la scala dal citato documento del CISIS per le scale corrispondenti, integrato dalle breaklines.

### 7.6. Produzione delle ortofoto digitali

Le ortofoto devono essere generate in modo da ridurre le differenze cromatiche nelle zone di transizione tra fotogrammi differenti e, per le zone d'ombra estese (es. quelle provocate dai versanti montagnosi), devono essere opportunamente elaborate per eliminare o ridurre tale inconveniente.

Le ortofoto devono presentarsi geometricamente corrette in corrispondenza di elementi della viabilità sopraelevati rispetto al terreno propriamente detto, sia per quanto attiene i tratti autostradali sia per quelli della viabilità ordinaria.

Per ottenere una corretta proiezione la Ditta dovrà utilizzare tecniche di *True Orthophoto*.

Le ortofoto verranno consegnate in formato TIFF non compresso ed ECW con i relativi files di georeferenziazione. Il livello di compressione del formato ECW sarà concordato con la Ditta.

### 7.7. Materiale da consegnare, tagli, supporti

Al termine della fase di generazione dei modelli digitali e dell'ortofoto, la Ditta dovrà consegnare:

Per quanto attiene ai modelli digitali del terreno:

- relazione descrittiva delle attività effettuate e delle metodologie impiegate;
- tabella con statistiche riassuntive e rappresentazione in forma grafica sul piano di volo degli offset misurati tra strisciate nelle zone di legame e sulle zone di appoggio rispetto alla superficie di riferimento o alle linee di riferimento (usando i dati di intensità);
- tabella con statistiche riassuntive e rappresentazione in forma grafica sul piano di volo degli offset misurati tra strisciate nelle zone di verifica prima e dopo la georeferenziazione;
- dati classificati in formato *ascii* con tempo, posizione e intensità di *First Pulse* e *Last Pulse*,



classificazione del punto e numero della strisciata;

- dati classificati del rilievo laser; secondo un formato da concordare;
- DSM e DTM, sia in formato grid che in formato TIN;
- polilinee delle zone in cui il DTM viene interpolato (es. rilevanti accumuli di materiale di cava, ...);
- breaklines di elementi non appartenenti al terreno ma da riproiettare in posizione planimetricamente corretta nelle ortofoto (cavalcavia e viadotti).

Per quanto attiene alle ortofoto digitali:

- relazione descrittiva delle attività effettuate e delle metodologie impiegate;
- ortofoto in formato TIFF ed ECW compresso con un fattore da concordare con la Ditta, tagliate per fogli;
- relativi file di georeferenziazione in formato *ascii*;
- quadro d'unione delle ortofoto in formato *shp*;

Per entrambe le tipologie, è prevista la consegna secondo i tagli che verranno concordati con l'Ente committente.

## 8. VERIFICA DELLA PRODUZIONE

---

### 8.1. Attività di Verifica tecnica

La Verifica Tecnica viene effettuata alla fine di ciascuna fase del servizio di realizzazione del DBT, alla consegna dei prodotti previsti da ciascuna.

Si concretizza in Verbali di verifica intermedi e finali, redatti e trasmessi dal Collaudatore entro 30 giorni dalla data di consegna dei prodotti da parte del DEC.

I Verbali di verifica, possono essere "positivi" o "negativi"; nel secondo caso possono comportare la richiesta da parte del DEC di modifica degli elaborati prodotti (a cura e spese dell'Aggiudicatario) o l'immediata risoluzione del contratto in presenza di gravi omissioni o evidente incapacità dell'Aggiudicatario.

Alle operazioni di Verifica potrà assistere anche l'Aggiudicatario o un suo rappresentante al quale il RUP/DEC avrà dato comunicazione almeno 5 giorni prima dell'inizio delle Verifiche; analogamente, il Collaudatore potrà accedere, su semplice richiesta, ai locali di produzione dell'Aggiudicatario, che dovrà mettere a disposizione dello stesso tutti i documenti relativi alle operazioni effettuate e/o in corso.

All'atto della consegna dei lavori la Ditta concorderà con la DEC in quale formato dovranno essere messi a disposizione del Collaudatore gli elaborati numerici intermedi.

I dati dovranno essere memorizzati su adeguato supporto informatico.

Ogni consegna dovrà contenere un file descrittivo che indichi il contenuto della consegna stessa, la data di predisposizione e ogni altro elemento che serva ad inquadrarlo nello sviluppo temporale e sequenziale dei servizi.

Le attività condotte dal Collaudatore, previste alla fine di ciascuna fase del servizio, riguardano tutti i prodotti/elaborati previsti.

#### Attività di verifica a seguito della Ripresa fotogrammetrica, inquadramento, appoggio e triangolazione aerea automatica

- controllo della correttezza e validità dei prodotti realizzati;
- verifica delle caratteristiche geometriche dei fotogrammi (scala minima, ricoprimento longitudinale e laterale, deriva e sbandamento, GSD), secondo le prescrizioni tecniche. Le verifiche di scala devono essere fatte sulle condizioni più sfavorevoli;
- controllo delle caratteristiche del materiale fotografico impiegato e, su tutti i fotogrammi, delle condizioni generali della ripresa aerea (nitidezza, assenza di nubi, leggibilità nelle zone d'ombra, altezza dei raggi solari, ecc...);
- inquadramento planimetrico ed altimetrico: il Collaudatore controllerà il rispetto delle indicazioni previste nelle Specifiche tecniche;

- correttezza e densità e disposizione dei punti d'appoggio planimetrici e altimetrici;
- verifica degli strumenti utilizzati: rispondenza alle norme di cui alle Specifiche tecniche;
- verifica dei risultati ottenuti rispetto le prescrizioni;
- analisi dello schema del blocco effettivamente misurato e verifica di congruenza con il progetto;
- verifica dell'effettuazione di misure in numero sufficiente da rendere statisticamente significativi i controlli interni e le compensazioni; il Collaudatore potrà imporre alla Ditta di eseguire ulteriori misure dirette sul terreno per controllare le coordinate dei punti d'appoggio, qualora egli nutra dei dubbi sull'adeguatezza dei risultati portati a verifica tecnica di conformità;
- corretta predisposizione delle monografie dei punti d'appoggio;
- analisi delle caratteristiche del programma di calcolo utilizzato per la Triangolazione;
- verifica dei risultati ottenuti dall'elaborazione, in particolare l'accuratezza della TAA, gli scarti sui punti d'appoggio e le risultanze delle operazioni di allineamento delle scansioni LiDAR.

#### Attività di verifica a seguito della Fase di Restituzione

- esame dei documenti comprovanti la verifica degli strumenti di restituzione;
- ripetizione allo strumento della restituzione di almeno 30 particolari plano-altimetrici ben definiti e di altrettanti punti quotati, situati in zone diverse del modello ed in zone di sovrapposizione con i modelli contigui, per almeno il 2% dei modelli utilizzati in restituzione; le coordinate acquisite in fase di controllo e quelle memorizzate nel file di restituzione originale dovranno differire di quantità inferiori alle tolleranze di posizione di un punto, avendo cura di verificare l'omogeneità tra operatori differenti;
- verifica a campione della completezza del contenuto del database topografico e dell'accuratezza della fotointerpretazione secondo quanto previsto per i segni grafici;
- verifica che siano stati evidenziati, con opportune codifiche, segni grafici e note sul disegno ottenuto al plotter, tutti i particolari da completare mediante ricognizione a terra o editing grafico;
- controllo delle curve di livello, per verificarne la corretta esecuzione la congruenza con i punti quotati.

#### Attività di verifica a seguito della Fase di Ricognizione

- esame degli originali di ricognizione;
- ricognizione sul terreno per un campione significativo di territorio, a scelta del Collaudatore. Esso dovrà prendere nota scritta di tutti gli errori interpretativi, di tutte le omissioni riscontrate e della sua valutazione sulla qualità degli elementi cartografici. Dovrà inoltre eseguire un controllo qualitativo della rappresentazione morfologica del terreno; dovranno essere elencate tutte le deficienze e di conseguenza giudicata la validità di tale rappresentazione;
- esame dei documenti relativi a tutte le misure integrative eseguite sul terreno.

#### Attività di verifica a seguito delle attività di Editing grafico, strutturazione del database topografico

- controllo a campione sulle variazioni delle coordinate di punti sottoposti ad editing, rispetto a quelle originali, non abbiano superato i valori ammessi;
- controllo a campione sugli elaborati di consegna della cartografia numerica; è previsto un insieme di controlli a tappeto automatizzati, al fine di rilevare eventuali errori o manchevolezze rispetto a quanto previsto nelle specifiche;
- controlli sull'intero dataset di consegna attraverso procedure automatizzate utilizzando il *GeoUML Validator*: per questa metodologia di controlli non sono ammessi errori o carenze;
- controlli a campione mediante ispezione visiva dell'assegnazione tematica degli oggetti e della corretta corrispondenza con il mondo reale.

#### Attività di verifica a seguito della produzione dei modelli digitali delle altezze e delle ortofotografie

- controllo sulla totalità dei dati per il rispetto dei formati, risoluzioni, ...;
- controllo a campione che i modelli digitali rispettino le caratteristiche di accuratezza prescritte;



- controllo visivo relativo alla qualità fotografica delle ortoimmagini.

#### Attività di verifica degli elaborati “finali” e verifica finale sul terreno

- controllo a campione su tutti i prodotti nella versione “finale” finalizzato anche ad appurare che le eventuali modifiche/integrazioni richieste siano state tutte recepite;
- acquisizione degli esiti del controllo informatico eseguito con il *GeoUML Validator*.

La Verifica finale sul terreno, da effettuarsi su almeno il 10% dell’area interessata ed in almeno tre zone differenti del territorio rilevato, consisterà nelle seguenti operazioni:

- determinazione della posizione, rispetto alla rete geodetica d’inquadramento, di un numero significativo di punti isolati ben definiti;
- misura di un numero significativo di distanze tra coppie di vertici di cui al punto precedente;
- misura della quota di un numero significativo di informazioni di quota, sia veri e propri punti quotati, sia l’informazione altimetrica dei normali punti tridimensionali;
- misura di un numero significativo di dislivelli tra coppie di punti quota, di cui al punto precedente.

Per “numero significativo di punti” si intende un numero di punti tale da garantire al Collaudatore di non imbattersi in situazioni particolari e di poter emettere un giudizio di accettazione certo.

Come ordine di grandezza a priori, si prevede che siano rispettate tali condizioni determinando sul terreno:

- un punto ogni 30 ettari, per le aree rilevate alla scala 1:2000;
- un punto ogni 8 ettari, per le aree rilevate alla scala 1:1000.

Qualsiasi sia l’estensione del territorio è necessario eseguire ciascuna verifica su almeno 30 punti.

E’ implicito che il metodo di determinazione delle coordinate dei punti rilevate in fase di Verifica tecnica deve garantire una precisione superiore rispetto all’approccio aerofotogrammetrico.

La Verifica finale sul terreno deve inoltre verificare la completezza e la leggibilità delle informazioni riportate nel DBT e negli eventuali prodotti relativi ai Servizi aggiuntivi eventualmente offerti (con particolare riferimento ai file in formato raster), come controllo conclusivo di tutta la produzione.

Per eseguire la verifica metrica è richiesto che la Ditta produca dei plottaggi adeguati con tutte le informazioni del DBT per le parti di territorio interessate dai controlli, alla scala nominale prevista, secondo le indicazioni fornite dal DEC, sentito il Collaudatore.

## 8.2. Esiti della Verifica e modalità di interazione tra DEC, Collaudatore e Aggiudicatario

La Verifica tecnica si fonda su indagini “a campione” e, risulta favorevole solo quando il numero di elementi del DBT “fuori tolleranza” esaminati è  $\leq$  al 5%.

Per le parti di attività per le quali non è possibile stabilire un rapporto percentuale (relative ad esempio all’esame dei prodotti/documenti relativi alle fasi propedeutiche alla produzione del DBT, alla qualità fotografica delle immagini, ...) l’esito della Verifica è subordinata al giudizio determinante del Collaudatore.

In caso di esito positivo il Collaudatore redige il “Verbale di verifica positiva” e lo trasmette al DEC il quale ne prende atto e lo trasmette per conoscenza all’Aggiudicatario.

Qualora il numero degli elementi del campione esaminato “fuori tolleranza” risulti compreso fra il 5% e il 10%, il Collaudatore procederà ad esaminare un ulteriore campione; se nel nuovo campione il numero di elementi del DBT “fuori tolleranza” risulta  $\leq$  al 5% e, nel complesso, gli elementi “fuori tolleranza” dei due campioni esaminati rientra fra il 5% e il 10%, la Verifica sarà positiva.

Se anche per il nuovo campione l’esito della verifica risultasse sfavorevole o se nella prima verifica il numero di elementi “fuori tolleranza” risultasse superiore al 10%, il Collaudatore provvederà a redigere il “Verbale di verifica negativa” e lo trasmetterà al DEC il quale dovrà richiedere all’Aggiudicatario di apportare le correzioni, i rifacimenti e/o integrazioni degli elaborati necessari ed evidenziati dal Collaudatore, definendo i tempi a ciò necessari, con l’eventuale applicazione di penali.

Nel secondo caso, entro cinque giorni dal ricevimento del Verbale, l’Aggiudicatario ha facoltà di controdedurre fornendo motivazioni utili a superare le problematiche evidenziate o di procedere ad apportare direttamente le modifiche richieste agli elaborati/prodotti, che dovranno essere ritrasmessi al DEC nei tempi previsti dalla notifica del Verbale di verifica negativo.

Il Collaudatore, entro 15 giorni dalla ricezione degli elaborati/prodotti modificati, provvederà ad una seconda verifica degli stessi, con i medesimi criteri applicati nella prima e, appurato che siano state apportate tutte le correzioni, i rifacimenti e/o integrazioni degli elaborati richiesti in sede di prima Verifica, provvederà alla redazione del Verbale di verifica positiva.

Se anche in esito alla seconda verifica dovesse emergere che l'Aggiudicatario non ha eseguito gli interventi disposti, siano stati eseguiti in parte o non siano adeguati, il DEC potrà disporre la risoluzione del contratto.