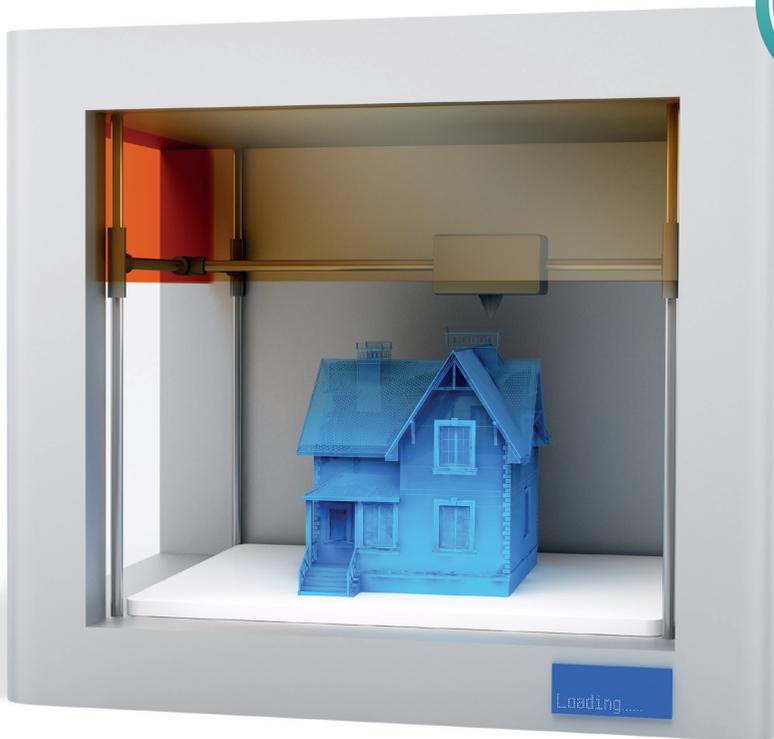


- Claudio Gasparini -

AutoCAD

modellazione, rendering e stampa 3D



Guida alla modellazione per solidi, per superfici e con le mesh >>

Nuove funzioni di rendering con il motore mental ray >>

Dai modelli di AutoCAD alla stampa 3D >>

Creare un modello da una serie di foto >>

***pro**
DigitalLifeStyle

***pro**
DigitalLifeStyle

AutoCAD

modellazione, rendering e stampa 3D

Claudio Gasparini

EDIZIONI
LSWR

AutoCAD | modellazione, rendering e stampa 3D

Autore: Claudio Gasparini

Collana: DigitalLifeStyle^{*pro}

Editor in Chief: Marco Aleotti

Progetto grafico: Roberta Venturieri

Immagine di copertina: © belekekin | Thinkstock

© 2015 Edizioni Lswr* - Tutti i diritti riservati

ISBN: 978-88-6895-237-2

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

La presente pubblicazione contiene le opinioni dell'autore e ha lo scopo di fornire informazioni precise e accurate. L'elaborazione dei testi, anche se curata con scrupolosa attenzione, non può comportare specifiche responsabilità in capo all'autore e/o all'editore per eventuali errori o inesattezze.

L'Editore ha compiuto ogni sforzo per ottenere e citare le fonti esatte delle illustrazioni. Qualora in qualche caso non fosse riuscito a reperire gli aventi diritto è a disposizione per rimediare a eventuali involontarie omissioni o errori nei riferimenti citati.

Tutti i marchi registrati citati appartengono ai legittimi proprietari.

**EDIZIONI
LSWR**

Via G. Spadolini, 7
20141 Milano (MI)
Tel. 02 881841
www.edizionilswr.it

Printed in Italy

Finito di stampare nel mese di novembre 2015 presso "LegoDigit" Srl, Lavis (TN)

(*) Edizioni Lswr è un marchio di La Tribuna Srl. La Tribuna Srl fa parte di LSWR GROUP.

Sommario

INTRODUZIONE	9
1. INTRODUZIONE AL 3D	13
Vantaggi della progettazione 3D.....	13
Pensare in 3D	14
I sistemi grafici di riferimento	14
Tipi di coordinate 3D.....	19
Regola della mano destra.....	26
2. AMBIENTE DI LAVORO	29
Interfaccia di AutoCAD	29
Spazio Modello (SM) e Spazio Carta (SC).....	36
Stili di visualizzazione.....	36
Controlli presenti nella finestra	41
3. RAPPRESENTAZIONE DELLO SPAZIO	45
Finestre nello spazio modello.....	45
Come definire le viste.....	48
Gestione delle viste	51
WCS e UCS: Sistemi in Coordinate Globale e in Coordinate Utente.....	55
Gli strumenti d'interazione 3D.....	58
4. PARTENZA RAPIDA.....	65
Obiettivo dell'esercizio	65
Impostazioni di base.....	65
Inserimento di solidi	68
Presentazione finale	73
5. CURVE E SUPERFICI NELLO SPAZIO	77
Disegnare curve, polilinee e spline	77
Modifica di curve e spline	88
Modifica delle coordinate	92
Raccordo fra curve	94
Disegnare una curva su immagine raster	95

6.	MODELLAZIONE SOLIDA	99
	Approcci alla modellazione 3D: solida, per superfici e mesh	99
	Primitive solide o solidi elementari.....	100
	Controllo della visualizzazione	110
7.	MODELLAZIONE PER SUPERFICI	115
	Cosa sono le superfici	115
	Metodi di creazione delle superfici.....	117
	Superfici NURBS	127
	Modifica delle superfici	130
8.	MODELLAZIONE MEDIANTE MESH	143
	Mesh elementari	144
	La tassellazione delle mesh	144
	Filtri di selezione.....	146
	Primitive mesh	146
	Modellazione di mesh.....	150
	Mesh generate da profili	157
9.	MESSA IN TAVOLA.....	163
	Creazione di viste piatte.....	163
	Usare le schede di layout	170
	Come definire la scala del disegno	174
10.	RENDERING DEI MODELLI	177
	Tecniche di rendering	177
	Modelli di ombreggiatura (shading)	179
	I formati delle immagini	181
	Come creare un'immagine di rendering	185
	Inserimento dei materiali	190
	Cosa sono le mappe	193
	Mappe immagine	194
	Editor delle composizioni dei materiali.....	195
	Mappe procedurali.....	197
11.	ESPORTAZIONE E IMPORTAZIONE DEI FILE.....	201
	Formati dei file di disegno	201
	Esportazione di file in altri formati.....	204
	Importazione di file.....	212
	Portale Autodesk Exchange Apps.....	216
12.	CREARE MODELLI DA FOTO E DA SCANNER.....	219
	Tecniche di rilievo.....	219
	Piattaforma Autodesk 123D	221
	Creare un modello mesh con Autodesk Memento	225

Piattaforma Autodesk ReCap.....	229
Come importare una nuvola di punti in AutoCAD	232
13. DAL MODELLO ALLA STAMPA 3D	237
Storia in breve delle tecnologie di stampa	237
Il processo di stampa	239
Software di slicing	252
Gli slicer più diffusi	253
Cura	254
Errori da evitare nella stampa	268
La penna 3D	272
APPENDICE A - STORIA DI AUTOCAD	275
Versioni	276
Come riconoscere la versione di file DWG	277
APPENDICE B - ESTENSIONE DEI FILE DI AUTOCAD	279
APPENDICE C - RISORSE IN RETE PER AUTOCAD E PER STAMPANTI 3D	283
Siti ufficiali	283
Community della stampa 3D	285
Riviste e siti di informazione	287
APPENDICE D - DECALOGO DEL BRAVO MODELLATORE	289
APPENDICE E - ARTE E STAMPA 3D	291
L'arte, le stampanti 3D e la riproducibilità delle opere	291
Le Tazze Nubili	292
La Cupola dei Makers: installazione d'arte collettiva	293
Stampanti 3D per il cibo	295
Progettazione collaborativa condivisa: Urban Hubs	297
INDICE ANALITICO	299

Introduzione

Con le ultime versioni di AutoCAD, come la versione 2016 usata in questo testo, e più in generale dei software di modellazione, rendering e animazione, Autodesk ha avviato una nuova filosofia nella produzione e nella commercializzazione del software, che viene visto non più come software proprietario che opera in nicchie ristrette e ben delimitate, ma come strumento di produzione delle conoscenze condivise in un contesto economico completamente mutato.

Il mondo *Open Source* svolge oramai attraverso le reti un ruolo di aggregatore delle conoscenze e favorisce la condivisione non solo delle informazioni ma anche dei modelli e dei progetti.

Per questo Autodesk ha dotato il programma di nuove funzioni, come i nuovi formati di esportazione e di progettazione integrata, che permettono il dialogo con altri prodotti di progettazione. Ha inoltre creato una serie di *software integrati* con i quali intende estendere sempre più le nuove funzioni alle stampanti 3D, viste come gli strumenti alla base di una nuova rivoluzione industriale.

Le opportunità offerte dalla stampa 3D permettono alle persone di esprimere la loro creatività attraverso un processo di produzione personalizzato e unico.

Stiamo passando da una società che utilizza la tecnologia in modalità *Rip, Mix, Burn* cioè *Scarica, Mixa e Registra*, a una dove la partecipazione è molto diversa, cioè *Rip, Mod, Fab*, ossia *Riprendi, Modifica e Crea*.

È un modello di economia completamente rivoluzionario rispetto alla tradizionale visione della *produzione di massa* che in futuro sarà integrato con sistemi più personalizzati e creativi.

Pertanto Autodesk sta favorendo questo fenomeno di partecipazione allargata, rilasciando gratuitamente utility per la stampa 3D come i siti **123Dapp.com** con diversi software dedicati alla modellazione e alla stampa. Inoltre con la piattaforma **Spark** e la stampante **Ember** sta promuovendo progetti Open Source per potenziare lo sviluppo

di prodotti e di conoscenze, per permettere a un numero sempre maggiore di persone di includere la stampa 3D nei processi di design e manufacturing.

In questa nuova fase, che viene già definita come **Terza Rivoluzione industriale**, è manifesta la voglia delle persone di essere protagoniste del rinnovamento tecnologico e digitale e si associa al desiderio di condividere le proprie creazioni con altri su comunità online specializzate così come sui social media.

È evidente che per produrre oggetti fisici con le stampanti è necessario prima di tutto modellare la geometria attraverso l'utilizzo di programmi CAD che forniscono prestazioni evolute di modellazione per solidi e superfici.

Per questo AutoCAD è sicuramente il programma più conosciuto e usato.

A chi può servire questo testo

Questo testo si rivolge a utenti **progettisti** e **disegnatori** che utilizzano già le funzioni bidimensionali di AutoCAD e intendono approfondire la conoscenza del programma per applicarlo anche nella progettazione 3D con estensione alle prestazioni di modellazione solida e di superfici, al rendering *fotorealistico*, all'animazione per uso dimostrativo e alla stampa 3D dei modelli.

I modelli esaminati nel testo riguardano in particolare il settore del *Design* e dell'*Architettura* e a questi settori sono indirizzati gli esercizi svolti nell'applicazione dei comandi. Il 3D di AutoCAD, e di ogni altro programma di modellazione, è complesso e di non facile approccio per chi si avvicina per la prima volta a questo mondo: per questo i comandi analizzati sono presentati per gli aspetti di utilità più immediata per chi vuole applicare e verificare in tempi brevi le conoscenze acquisite.

Questo testo non intende trattare tutte le funzioni 3D di AutoCAD ma vuole essere un **filo rosso** di guida per chi desidera iniziare ad addentrarsi nell'affascinante mondo della modellazione 3D per proseguire poi da solo, approfondendo gli argomenti che maggiormente lo interessano e gli servono.

L'obiettivo non palesemente espresso è quello di creare un **metodo di lavoro** nell'uso dei molteplici comandi 3D, arrivando a scegliere la via più veloce e meno faticosa nel realizzare i propri progetti.

Una massima utile che può essere di stimolo anche nell'utilizzo della modellazione è la seguente: *"Non esiste un modo sbagliato nel realizzare un progetto corretto, ma esistono molti modi corretti nel realizzare un progetto sbagliato"*. Si può ricavare un unico stuzzicante da un tronco di albero, e questo è assolutamente possibile con un modellatore 3D, ma forse non è la via più efficiente.

Il testo non si limita solo alla trattazione di AutoCAD ma nei capitoli finali tratta degli **aspetti creativi** nell'uso del programma, spaziando dalla creazione di modelli 3D

a partire da fotografie riprese con normali macchine fotografiche, alla **realizzazione** fisica dei modelli creati con stampanti 3D. In questa esplorazione creativa si sono privilegiati i software Open Source e Free Software perché il mondo dei social e del cloud sta entrando con prepotenza anche nei settori professionali e tecnici. Considerata l'impostazione del testo, non sono trattati i comandi bidimensionali di base di AutoCAD.

Convenzioni usate nel testo

Nel testo tutti i comandi di AutoCAD sono riportati in **MAIUSCOLO GRASSETTO** per evidenziarli e favorirne la memorizzazione. Anche i termini tecnici sono scritti in **grassetto** per farli risaltare rispetto al testo normale.

Utile anche per la certificazione ECDL CAD 3D

Questo testo è un utile strumento di preparazione per la **certificazione ECDL CAD 3D**, di cui tratta tutti gli argomenti presenti nel COMPUTER AIDED DESIGN 3D Syllabus.

NOTA

Per la precisione, gli unici argomenti dell'ECDL CAD 3D Syllabus non trattati in questo testo sono quelli presenti nel punto 1.2.3, dove sono richieste le spiegazioni 2D per il disegno di archi, cerchi ed ellissi.

Sito di supporto

Per questo testo è stata creata un'area riservata nella piattaforma dei corsi CAD-Tutor.com: www.cad-tutor.com/autocad_3D

dove si possono reperire *approfondimenti*, *aggiornamenti* e *videolezioni* sugli argomenti trattati nel testo.

Il sito di supporto intende fornire un'estensione degli argomenti trattati e anche un sussidio didattico a chi ha acquistato il testo. Inoltre, intende promuovere una **comunità di pratica e di apprendimento** per condividere le conoscenze e le esperienze, attivando una collaborazione fra lettori e utenti sugli argomenti trattati nel testo.

NOTA

Nella piattaforma CAD-Tutor.com sono disponibili numerosi corsi e tutorial, anche gratuiti, per AutoCAD e altri sistemi CAD.

Note sull'autore

L'autore è un architetto che si occupa di sistemi CAD dagli anni '80, quando ha formato la società Lavori in Corso, una dei primi ATC, *Autodesk Training Center* in Italia. Ha curato per conto di AICA la prima localizzazione italiana della certificazione ECDL CAD 2D e ha insegnato per diversi anni *Disegno Automatico* alla Facoltà del Design, ora Scuola del Design del Politecnico di Milano. Cura la piattaforma eLearning di corsi per sistemi CAD: www.cad-tutor.com.

Il suo curriculum è consultabile all'indirizzo www.cad-tutor.com/gasparini e l'indirizzo mail di contatto è claudio.gasparini@cad-tutor.com.

Ringraziamenti

Il merito di questo testo va all'incoraggiamento di Marco Aleotti, Editor in Chief di Edizioni LSWR, che mi ha sostenuto con pazienza nelle fasi di scrittura, e al prof. Giuseppe Del Nobile che mi ha stimolato a iniziare questa avventura. Ringrazio inoltre Roberta Venturieri di Edizioni LSWR per l'assistenza per la parte grafica e Giovanni Branca per l'impaginazione. Di particolare aiuto mi sono state Daniela e Paola, che mi hanno supportato anche con la loro opera di *editing* in questo lavoro.

Introduzione al 3D

La **progettazione 3D** fornisce notevoli vantaggi rispetto al **disegno 2D** in termini di **risparmio di tempo** e di **fatica** a condizione di conoscere alcune semplici regole che fanno riferimento al **sistema grafico di riferimento** e alle **convenzioni usate nella rappresentazione**.

Comandi utilizzati:

PVISTA, ICONAUCS, WCS, UCS, coordinate relative cartesiane, polari e sferiche

Vantaggi della progettazione 3D

Durante la progettazione il modello 3D costituisce uno strumento insostituibile di visualizzazione delle idee del progettista, permettendo una convergenza fra due fasi che sono sempre state distinte anche in termini di tempo: **disegnare per progettare** e **progettare durante il disegno**.

La progettazione 3D offre dei vantaggi che il 2D non può fornire, come la verifica dimensionale, topologica e strutturale di tutti i componenti sia singoli sia d'insieme, fornendo anche le funzioni di presentazione svolte dal rendering e dall'ambientazione realistica con l'impiego di tecniche di elaborazione d'immagine.

È evidente che l'azione di disegno costituisce solamente l'ultima delle fasi di un progetto e fra l'altro neppure la più importante, perché tutto il processo progettuale si può concretizzare in un modello fisico realizzato mediante la stampa 3D, definita in pas-

sato **Prototipazione Rapida (PR)**, che realizza il prototipo con varie tecniche di produzione con materiali che vanno dai polimeri alle resine fino ai componenti metallici.

Pensare in 3D

I programmi CAD si stanno trasformando sempre più in sistemi di **gestione delle informazioni** e non solamente in sistemi per il disegno, realizzando così le promesse contenute nell'acronimo stesso del **CAD** e cioè *Computer Aided Design*, che significa un *computer assistente alla progettazione*, dotato quindi di funzioni intelligenti che aiutino il progettista nella gestione del progetto e non solo nella progettazione del modello.

Usare quindi la modellazione 3D richiede un nuovo approccio che significa pensare al progetto in modo diverso e più globale, anche se la costruzione di un modello realizzato con un programma CAD si avvicina molto alle fasi di costruzione di oggetti reali realizzati in cantiere o in officina. Se poi il progetto che stiamo realizzando deve essere prodotto con una **stampante 3D**, è molto importante tener presente i vincoli indotti dalle stampanti 3D al fine di avere una qualità migliore.

Pensare in 3D significa avere un nuovo approccio con la visualizzazione del **progetto nello spazio** e al contempo conoscere le potenzialità e i limiti dei sistemi di disegno e di produzione che stiamo utilizzando.

I sistemi grafici di riferimento

Prima di iniziare a operare con il sistema di disegno 3D, è utile riprendere alcuni concetti di geometria studiata a scuola che sono alla base del sistema di riferimento grafico dei sistemi CAD.

Fra i metodi usati nella geometria descrittiva, quello detto delle doppie **proiezioni ortogonali**, o **metodo di Monge**, è un metodo di rappresentazione piana di un oggetto nello spazio euclideo. Il metodo di Monge consiste nel considerare le proiezioni ortogonali di un oggetto su due piani tra loro ortogonali e quindi ribaltare un piano per farlo coincidere con l'altro. In sintesi: *due piani, ortogonali fra loro, dividono lo spazio in quattro parti dette diedri*.

La Figura 1.1 permette di comprendere il sistema di proiezioni ortogonali che poi riprenderemo nell'impostazione delle finestre di AutoCAD. A destra all'origine è inserita l'**icona UCS** che costituisce il **sistema grafico di riferimento** dell'interfaccia di AutoCAD.

Il **punto P** di Figura 1.1 nello spazio 3D di AutoCAD viene rappresentato con le tre coordinate X,Y,Z di Figura 1.2.

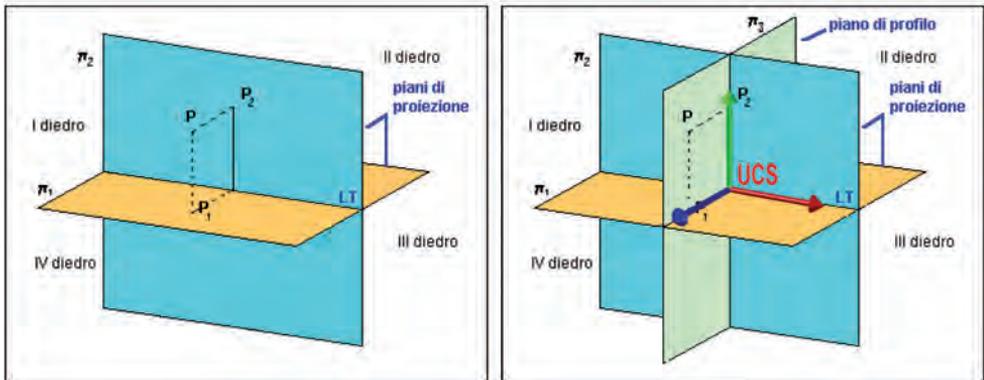


Figura 1.1 - A sinistra, i due piani di proiezione formano quattro diedri dove normalmente si disegna nel primo diedro. A destra è inserito il piano di profilo passante per il punto P e formante con i piani due tracce perpendicolari con la linea di terra LT.

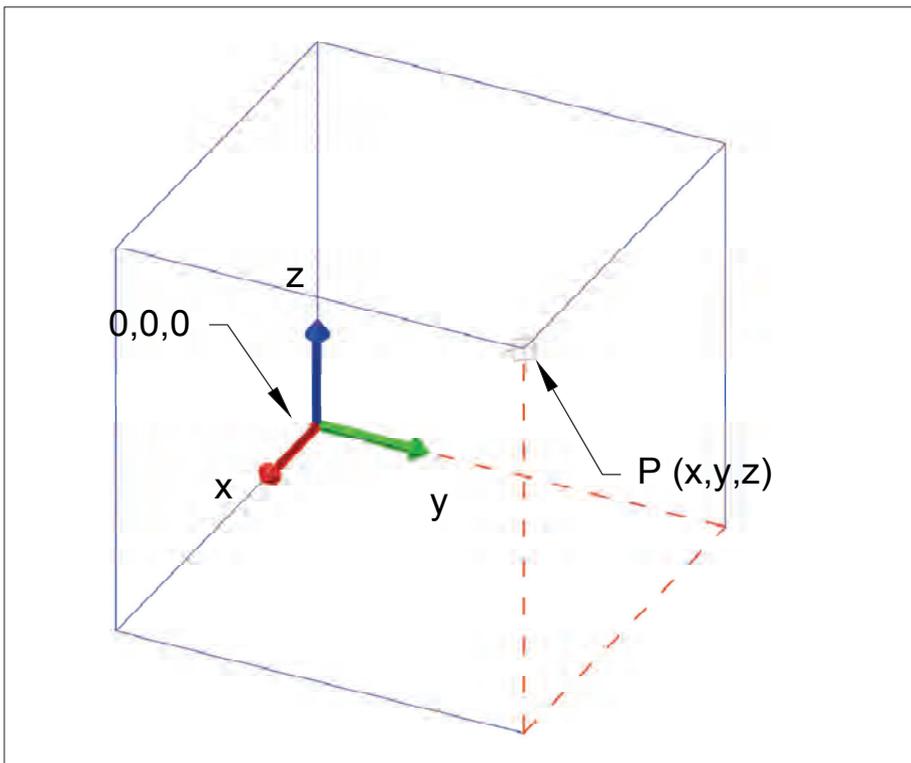


Figura 1.2 - Individuazione delle tre coordinate X,Y,Z di un punto nello spazio in un sistema di riferimento cartesiano ortogonale.

I piani sono definiti **piani di riferimento** o **piani di proiezione**. I piani di proiezione sono disposti orizzontalmente e verticalmente e la linea d'intersezione fra i piani viene definita **linea di terra**. I due piani dividono lo spazio in **quattro parti**, dette **diedri**: in genere si disegna nel primo diedro formato dal semipiano superiore e dal semipiano anteriore.

Il **piano di profilo** è il piano perpendicolare a entrambi i piani di proiezione ed è rappresentato da due tracce perpendicolari alla **linea di terra LT** e pertanto coincidenti. Spesso si usa la **doppia proiezione ortogonale** di Monge per rappresentare le tre proiezioni di **vista di pianta**, **vista di prospetto** e **vista laterale**.

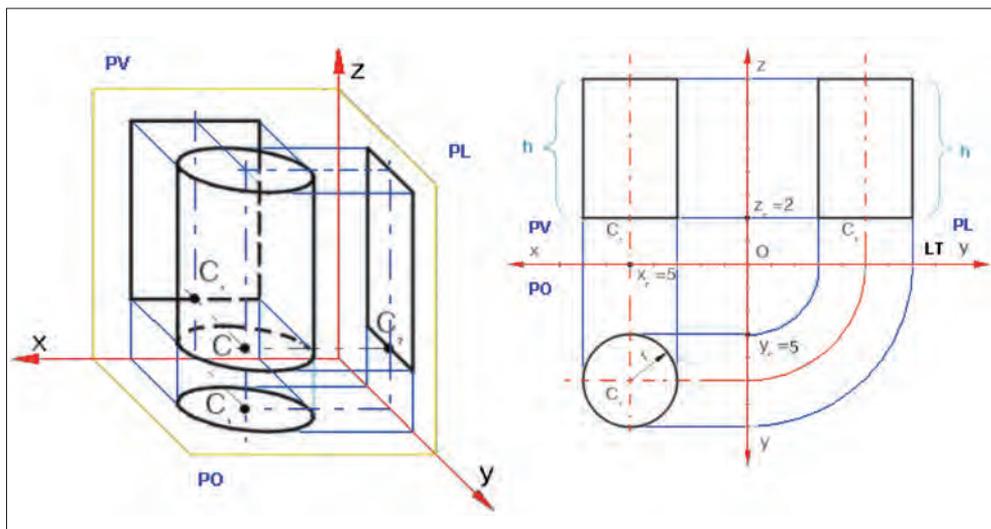


Figura 1.3 - Sistema di proiezioni ortogonali: a sinistra, proiezioni di un cilindro sui piani di proiezione denominati pianta o piano orizzontale (PO), fronte o piano verticale (PV), profilo o piano laterale (PL). A destra i due piani PO e PL sono stati ribaltati attorno alla linea di terra (LT) e all'asse z.

Va notato che:

- la **pianta** è generata sul piano XY - **PO piano orizzontale**;
- la **vista frontale** sul piano XZ - **PV piano verticale**;
- la **vista laterale** sul piano YZ - **PL piano laterale**.

Le norme UNI EN ISO definiscono le direzioni di vista e le denominazioni delle viste. In Figura 1.4 sono specificate le direzioni della proiezione e la denominazione delle viste su un esempio grafico.

Nelle proiezioni ortogonali esistono due metodi di proiezione: **Metodo E** (Europeo) e **Metodo A** (Americano) a seconda della direzione della proiezione. Il **metodo E** che

utilizziamo è il metodo del primo diedro, dove l'oggetto osservato è fra il piano di proiezione e l'osservatore, come in Figura 1.3.

L'esempio di Figura 1.4 è ripreso dalle norme UNI e riguarda la direzione di proiezione e la denominazione delle singole viste.

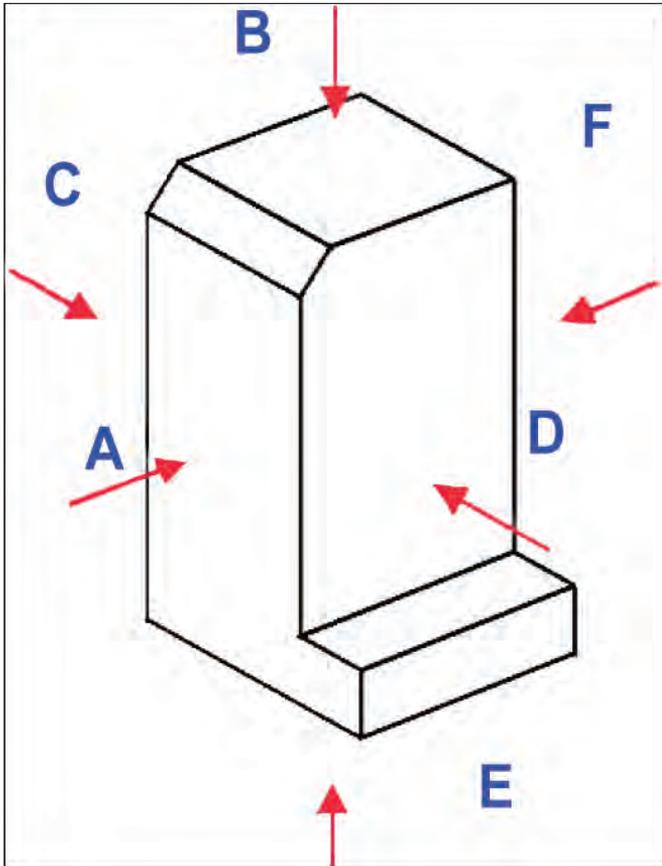


Figura 1.4 - Norma UNI EN ISO 5456 sulle proiezioni ortogonali e relative direzioni di vista. A seconda del metodo usato, metodo E o metodo A, le viste sono posizionate davanti (A) o dietro (E) il solido proiettato.

Rispetto alla Figura 1.4 la norma UNI EN ISO 54560 definisce la denominazione delle viste:

- vista secondo A - **vista anteriore** (vista principale);
- vista secondo B - **vista dall'alto**;
- vista secondo C - **vista da sinistra**;
- vista secondo D - **vista da destra**;

- vista secondo E - **vista dal basso**;
- vista secondo F - **vista posteriore**.

La disposizione delle viste si effettua facendo riferimento alla vista anteriore. Per la disposizione delle viste si considerano i seguenti tre metodi:

- metodo del **primo diedro** (definito **metodo E** - europeo);
- metodo del **terzo diedro** (definito **metodo A** - americano);
- metodo delle frecce.

Le varie viste si devono disporre come indicato nella Figura 1.5. È opportuno che la vista **anteriore A** rappresenti l'oggetto nella posizione di normale utilizzo. La vista principale deve essere quella che rappresenta l'oggetto nel modo più espressivo e che permetta allo stesso tempo la disposizione più vantaggiosa delle altre viste.

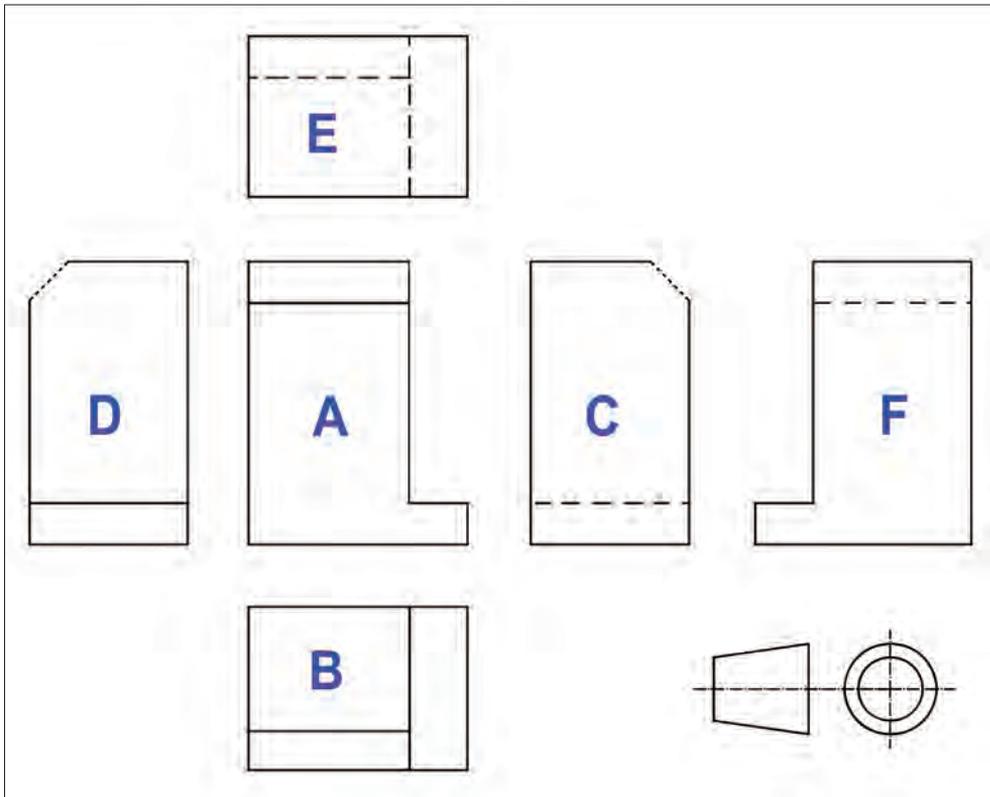


Figura 1.5 - Metodo del primo diedro, definito metodo E - Europeo: le viste si dispongono a partire dalla vista frontale A, come illustrato in figura. Il simbolo della proiezione E è riportato a destra.

Per indicare il metodo usato si usa un apposito simbolo riportato in Figura 1.5 che in Europa è il **metodo E**. Tale simbolo deve essere chiaramente riportato nel riquadro delle iscrizioni, a fianco della scala, particolarmente per i disegni destinati a scambi internazionali.

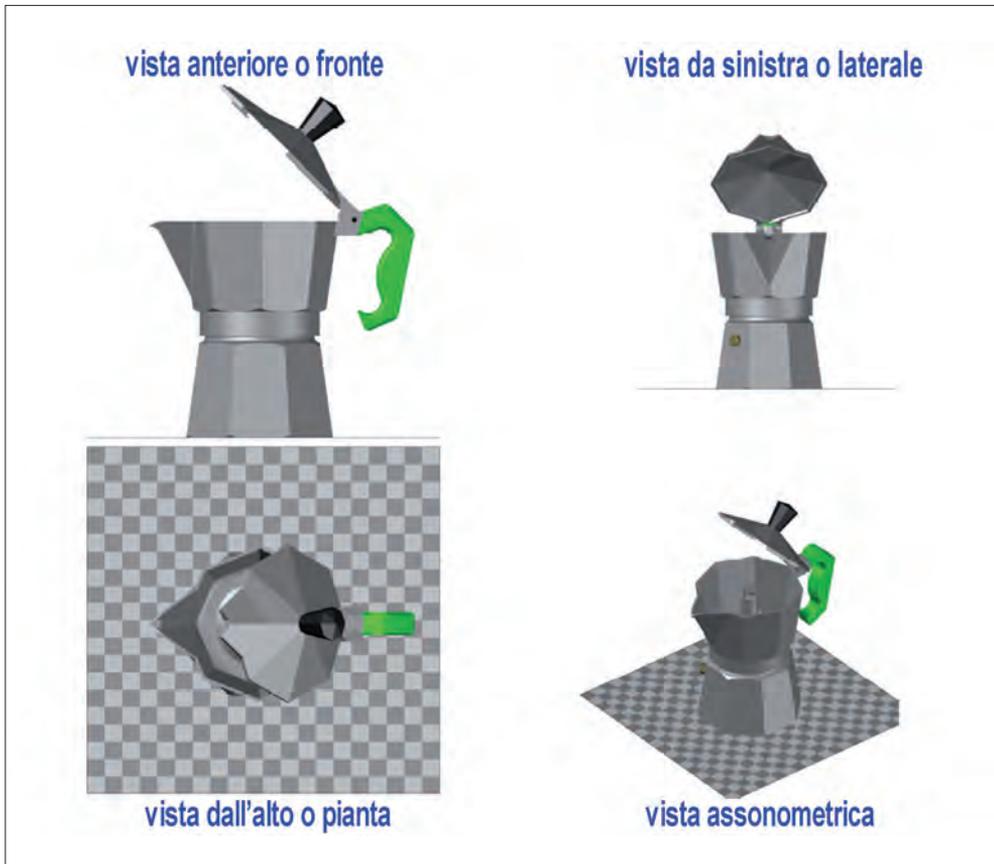


Figura 1.6 - Finestre di vista utilizzate durante la modellazione di AutoCAD per visualizzare un oggetto caffettiera. Le viste sono funzionali al lavoro di modellazione e possono variare nel numero e nella dimensione.

Tipi di coordinate 3D

Nel metodo di **disegno Europeo**, cioè **metodo E**, si disegna nel primo diedro dove i valori X, Y e Z sono positivi. La posizione dell'icona **WCS** (*World Coordinate System - Sistema in coordinate globali*) permette di visualizzare la direzione positiva degli assi X e Y e Z.

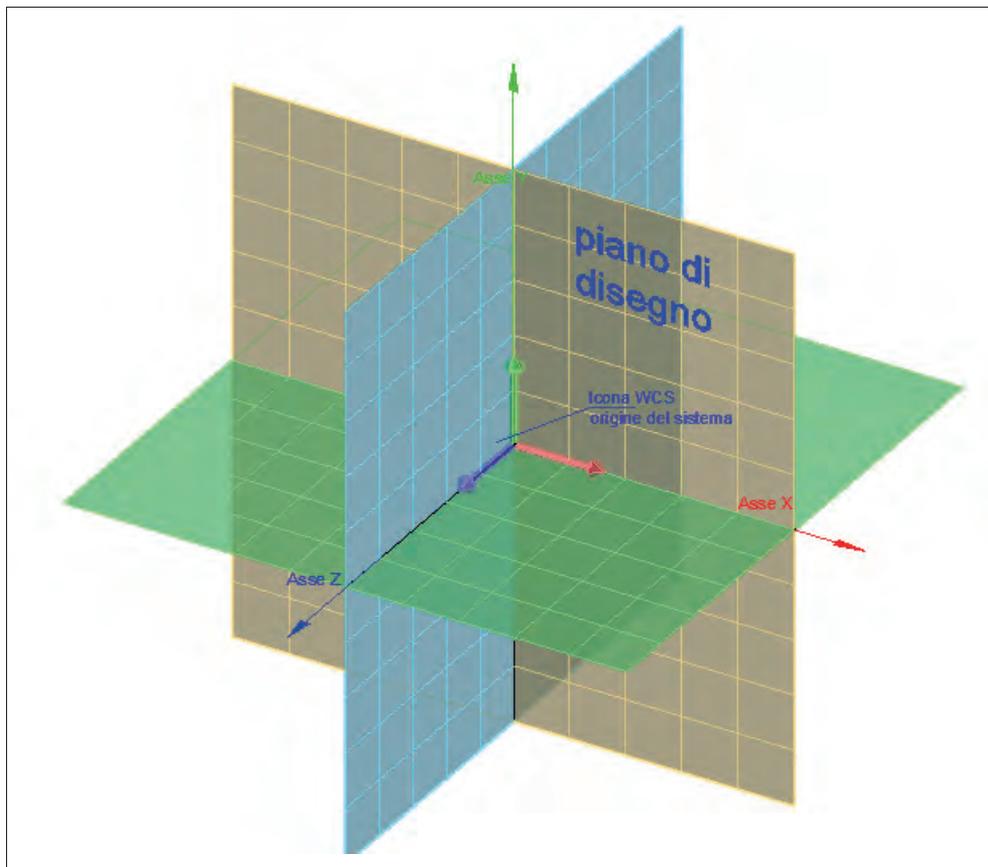


Figura 1.7 - Posizione del WCS (Sistema in coordinate globale) nel sistema grafico di riferimento: si disegna nel primo diedro con la direzione dell'asse Z verso l'osservatore.

Come si può vedere in Figura 1.7 il sistema in coordinate globali individua un **punto origine** che ha **coordinate 0,0,0**; tale punto è definito **Origine assoluta** perché è considerato origine del sistema e per questo motivo non può essere spostato. Tutte le entità create da AutoCAD sono memorizzate con la loro posizione rispetto all'Origine del sistema. È evidente che per chi disegna l'origine del sistema di riferimento è scarsamente utile mentre risulta più utile operare con la relazione fra le entità grafiche: per questo AutoCAD ha introdotto un sistema relativo denominato **UCS** (*User Coordinate System - Sistema in coordinate utente*).

L'icona **WCS** assume il nome di **UCS** quando non è all'origine assoluta e può essere spostata dall'utente liberamente nello spazio: ricordiamo che l'UCS corrisponde al **piano di lavoro** dove vengono tracciate le geometrie, come illustrato nei prossimi capitoli.

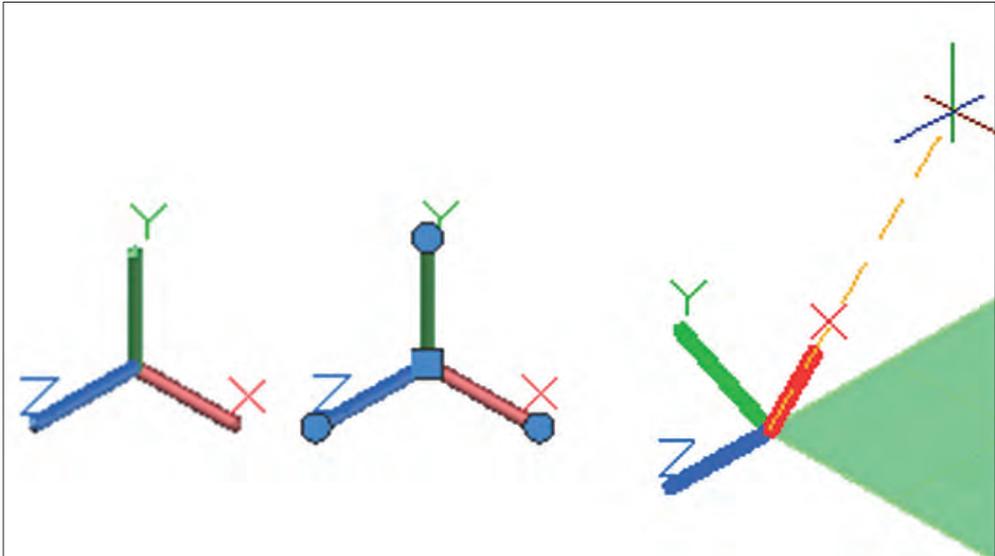


Figura 1.8 - Icona UCS nello spazio 3D in genere posizionata in basso a sinistra. Se si attiva, facendovi clic sopra, vengono visualizzati i grip relativi che permettono di modificare l'orientamento degli assi di riferimento.

Un punto nello spazio viene definito da 3 valori corrispondenti alla sua distanza dall'Origine del sistema grafico.

Nel disegno in 2D per individuare un punto nel piano si possono indicare le due coordinate X,Y. Il sistema, che fa sempre riferimento allo spazio in 3D, assegna all'asse Z, anche se non definito, il valore 0 (zero).

Ad esempio in Figura 1.9 il punto **P1** ha coordinate e sintassi così espresse: **P1 (25,20,15)** che corrisponde alla definizione di una distanza di **25 unità** dall'**asse X**, **20 unità** dall'**asse Y** e infine **15 unità** dall'**asse Z**.

NOTA

La sintassi delle coordinate è sempre dalla sequenza numerica **X,Y,Z** con la separazione del carattere "**virgola**". I decimali nel CAD sono separati dal "**punto**": ad esempio, il valore del simbolo *Pigreco* viene espresso in **3.14** e mai **3,14**, che corrisponde invece alla coordinata del punto di valore 3 X e 14 Y.

Le coordinate di un punto sono relative all'UCS corrente e possono essere inserite come **coordinate assolute, relative e polari**.